Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin - Klinikum Westend -
Leiter: Professor Dr. W. SCHWAB

ABLEITUNG AKUSTISCH EVOZIERTER HIRNSTAMMPOTENTIALE FÜR DIE REIZFREQUENZEN VON 2, 4 UND 8 KHZ ZUR UNTERSUCHUNG VON MITTELOHR- UND KOMBINIERTEN HÖRSTÖRUNGEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Walter Engeln
aus Willich-Anrath

1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547205_0038

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin - Klinikum Westend -
Leiter: Professor Dr. W. SCHWAB

ABLEITUNG AKUSTISCH EVOZIERTER HIRNSTAMMPOTENTIALE FÜR DIE REIZFREQUENZEN VON 2, 4 UND 8 KHZ ZUR UNTERSUCHUNG VON MITTELOHR- UND KOMBINIERTEN HÖRSTÖRUNGEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Walter Engeln
aus Willich-Anrath

Referent: Prof. Dr. D. Mrowinski

Korreferent: Prof. Dr. O. von Arentsschild

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

UNIV. LEIDEN BIBL.

Promoviert am: 25. 5. 1976

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung und Problemstellung 7

B. Einige Probleme der 'Objektiven Audiometrie' 9

I. Definition und Verfahren der objektiven Audiometrie 9

II. Untersuchungen zur Diagnostik von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen 1o

III. Kriterien bei der Auswertung 12

C. Versuche und Methoden 14

I. Versuchsaufbau 14

1.) Ableitung 14

2.) Reizgabe 14

II. Ermittlung der günstigsten Reizform 15

III. Knochenhörervorversuche und Latenzabgleich .. 21

1.) Knochenhörervorversuche 21

2.) Latenzabgleich 21

IV. Methodik der Auswertung 24

1.) Auswertung der Reizantworten 24

2.) Auswertung der Latenzen 24

3.) Auswertung des geplotteten Protokolls ... 27

D. Ergebnisse 28

I. Ermittlung der Pegel-Latenz-Kennlinie für Klick und Frequenzreize bei Knochenerregung .. 28

1.) Allgemeines zur Pegel-Latenz-Kennlinie bei Knochenerregung 28

2.) Beispiel aus der Normreihe 28

3.) Die Pegel-Latenz-Kennlinie bei Knochenerregung 33

II. Untersuchung von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen 36

1.) Untersuchungsmethodik 36

a) Allgemeines zur Untersuchung von Hörstörungen 36

b) Untersuchungsmethode zur Erfassung der Hirnstammpotentiale 37

c) Meßprotokoll 38

2.) Ergebnisse 39

a) Einige typische Ergebnisse mit akustisch evozierten Potentialen 39

b) Weitere Ergebnisse als Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen 76

3.) Zusammenfasssung aller Ergebnisse 9o

E. Diskussion der Ergebnisse 92

I. Der Gauß-Pip 92

II. Die frequenzabhängigen Knochenleitung-Latenzwerte 92

III. Die Bestimmung der Hörschwelle und der Schallleitungskomponenten 93

F. Zusammenfassung 96

G. Literatur 98

A. Einleitung und Problemstellung

Die objektive Audiometrie gewinnt in den letzten Jahren (seit 1965) immer mehr an Bedeutung für die klinische Diagnostik. Dies ist vor allem auf die Entwicklung der Computertechnik (Mittelwertrechner), die Erfahrungen in der Methodik und die Auswertung der abgeleiteten Aktionspotentiale zurückzuführen.

Die Bedeutung der objektiven Audiometrie mit Hirnstammpotentialen besteht nicht nur in der Möglichkeit, Kleinkinder und Simulanten zuverlässig und reproduzierbar zu testen, sondern auch neben der Unterscheidung peripherer und zentraler Hörschäden in der Lokalisation solcher Störungen und z.B. der intra- und postoperativen Kontrolle von gehörverbessernden Operationen.

Bisher sind im Klinikum Westend in der Regel breitbandige 'Klicks' (Abb. 2a) zur Auslösung von akustisch evozierten Hirnstammpotentialen (Evoked Response Audiometry, E.R.A.) verwendet worden, die jedoch keine genaue Untersuchung schmalbandiger Hörstörungen erlauben.

Diese Arbeit befaßt sich mit der Diagnostik von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen. Dabei werden schmalbandige akustische Impulse mit den Frequenzen von 2, 4 und 8 kHz verwendet.

Es soll untersucht werden,

1. ob die Hörschwellen in Abhängigkeit von der Frequenz objektiv bestimmt werden können;

2. ob der frequenzabhängige Betrag von Mittelohrstörungen mit E.R.A. nachgewiesen werden kann.

Als Bezugswert für die objektiv mit E.R.A. ermittelten Werte dienen Tonschwellen-Audiogramme. Da derartige Messungen bisher nicht veröffentlicht wurden, ergibt sich folgende Aufgabenstellung für diese Arbeit:

1. Ermittlung der optimalen Hüllkurve für gaußförmige akustische Impulse.
2. Ermittlung der Normal-Latenz-Kennlinie für Klick und Gauß-Pips unterschiedlicher Frequenz bei Knochenerregung.
3. Untersuchung von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen mit Ermittlung objektiv registrierter Luft- und Knochenschwellen bei Frequenzen von 2, 4 und 8 kHz.

B. Einige Probleme der 'Objektiven Audiometrie'

I. Definition und Verfahren der objektiven Audiometrie

Bei der bisher geübten klinischen Audiometrie wird der Patient über seine Hörempfindung befragt. Durch diese Aussage des Patienten werden die Befunde durch die wechselnde Konzentration und Vigilanz subjektiv beeinflußt. Objektiv kann ein Ergebnis nur sein, wenn es von der Mitwirkung und der Möglichkeit unbewußten oder willentlichen Beeinflussung durch den Patienten unabhängig ist, wie es die objektive Audiometrie ermöglicht. Auf Grund unmittelbar akustisch ausgelöster Reaktionen gelingt es, die elektrophysiologischen Korrelate der Erregungsleitung bis zum Cortex selbst zu erfassen, ohne daß jedoch eine sichere Aussage über das tatsächlich Gehörte möglich ist. Es kann lediglich die Funktion der Erregungsleitung bis zum untersuchten Bereich der Hörbahn geprüft werden.

Heute haben sich drei Verfahren der objektiven Hörprüfung etabliert (7):

1. die sog. Elektrocochleografie. Es werden Potentiale der Cochlea bzw. des N. acusticus im sehr frühen Latenzbereich (1-4 msec) abgeleitet (YOSHIE und OHASHI - 1969 - 2o; ARAN - 1971 - 1).
2. die Erfassung von Hirnstammpotentialen. Die Latenzen liegen im Bereich von 6-1o msec (JEWETT et al. - 1971 - 1o; LEV und SOHMER - 1972 - 12; BERLINER Arbeitsgruppe: GERULL, GIESEN, MROWINSKI, RUDOLPH - 1972 - 4, 1974 - 5, 6, 13, 1975 - 7).

3. die EEG-Audiometrie. Sie beruht auf der Ableitung später Komponenten unspezifischer corticaler Potentiale (ca. 1oo-3oo msec) (z.B. DAVIS und YOSHIE - 1963 - 2; sowie KEIDEL und SPRENG - 1963 - 11).

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden ausschließlich an Hand des 6-1o msec Hirnstammpotentials ermittelt. Diese neue verletzungsfrei ableitende Methode der objektiven Audiometrie wurde von der BERLINER Arbeitsgruppe beschrieben, wobei die Form- und Latenzstabilität des Potentials gegenüber Vigilanzänderungen, Sedierung und Relaxantia als besonderes Merkmal hervorgehoben worden sind (1974 - 6). Der Gipfel, der auch von JEWETT et al. 1971 (1o) sowie LEV und SOHMER 1972 (12, 14) als stabil erkannt worden ist, wird unverformt abgeleitet. Man kann annehmen, daß das Potential der BERLINER Arbeitsgruppe mit der Welle von JEWETT und - obwohl ein Vergleich problematisch ist - mit der Welle der SOHMER'schen Arbeitsgruppe identisch ist. Es wird angenommen, daß diese Welle ihren Ursprung im Colliculus inferior hat (GANGLBERGER et al. - 3) (12, 4).

II. Untersuchungen zur Diagnostik von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen

YOSHIE (18) deutete schon 1968 an, daß Mittelohrhörstörungen mit der objektiven Methode zu erfassen sind. YOSHIE und OHASHI (2o) stellten 1969 bei zwei Probanden mit der sog. Elektrocochleografie und 'Klick'-Reizung fest, daß bei Mittelohrschwerhörigkeit die Änderung in der Latenz und in der Amplitude proportional dem Grad des Hörverlustes

zu sein scheint. Bei Innenohrschwerhörigkeit sollten nach ihrer Meinung unter anderem die Gesamtverminderung der Amplitude und die verlängerte Latenz einer Reizantwort für den klinischen Gebrauch beachtet werden. YOSHIE und YAMAURA (1969 - 19) deuteten außerdem an, daß sich Antworten auf einen 5oo Hz und 1ooo Hz Burst-Ton bei Mittelohrschwerhörigen durch kleinere Amplituden bei gleicher Reizlautstärke von Normalhörigen unterscheiden. Quantitative Korrelationen wurden aber nicht beschrieben.

Bei der Erfassung von Hirnstammpotentialen konnten GERULL et al. (1974 - 5) mit Klick-Reizen nachweisen, daß sich unterschiedliche Hörschäden durch die Ermittlung eines Schallpegels bestätigen lassen. Cochleäre Hörstörungen sind charakterisiert durch normale Latenzen und verkleinerte Potentialamplituden in Schwellennähe. Eine Latenzverschiebung ermöglicht durch den Vergleich mit der Latenzkurve Normalhöriger eine Angabe des Ausmaßes von Schalleitungskomponenten (siehe S. 24 f.). Jedoch müßte dieser Befund noch durch eine Knochenleitungsuntersuchung mit normalen Latenzen gegen ebenfalls latenzverlängernde retrocochleäre Schäden abgesichert werden (7).

RUDOLPH et al. (1974 - 13) ermittelten deshalb bei einem Patienten mit einer Mittelohrschwerhörigkeit neben den Antworten des Klick-Reizes über Kopfhörer auch solche über Knochenhörer. Sie stellten fest, daß für die Mittelohrschwerhörigkeit die Schalleitungskomponente der Reizlautstärkedifferenz bei gleicher Knochenleitungs- und Luftleitungslatenz (siehe S. 25 und Abb. 5) entspricht, und der

Gesamthörverlust durch die geringste Lautstärke mit noch erkennbarer Antwort bestimmt wird. Dabei nahmen sie an, daß die Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für die Knochenleitung der Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klicks bei Luftleitung entspricht (siehe S. 24)(8). In einem weiteren klinischen Versuch an einem Patienten mit einer basocochleären Schallemfindungsschwerhörigkeit wurden neben Klick auch mit einem 4 und 8 kHz Burst-Ton gereizt und Hörschwellen ermittelt, die mit dem subjektiven Audiogramm gut übereinstimmen. Damit wurde angedeutet, daß auch Knochenleitungsuntersuchungen und frequenzisolierte Hörstörungen mit der Ableitung von Hirnstammpotentialen erfaßt werden können.

Kombinierte Hörstörungen wurden noch nicht untersucht Ebenso fehlt es an systematischen Versuchsreihen für Reize der Frequenzen 2, 4 und 8 kHz, die für die Klinik von Bedeutung sind.

III. Kriterien bei der Auswertung

Die BERLINER Arbeitsgruppe (4, 5) hält den Einsatz von Amplitudenkennlinien zur Ermittlung von Hörverlusten (KEIDEL, SPRENG - 11) oder zur Recruitmenterkennung (ARAN - 1) in der klinischen Praxis nicht für aussichtsreich, da in einer von ihnen angefertigten Amplitudenstatistik zu große Streuungen erkennbar sind. Damit bestätigen sie, was IRVINE, WEBSTER und SACK (197o - 9) in Tierversuchen zeigten: daß die Amplitude der Aktionspotentiale wesentlich größeren Schwankungen unterliegt

als die Latenz. Der kombinierten Auswertung von Amplituden- und Latenzveränderungen der ermittelten Hirnstammpotentiale wird deshalb von der BERLINER Arbeitsgruppe der Vorzug gegeben. Die Amplitudenveränderung (letzte wahrnehmbare Antwort) innerhalb einer Reihe absteigender Lautstärke gibt den Gesamthörverlust an; durch zusätzliche Auswertung der Latenzveränderung können im Fall normaler Latenzen bei Knochenerregung, Mittelohr- von Innenohrhörstörungen getrennt werden (siehe S. 11).

Das Hauptkriterium für die Bewertung einer Antwort (Abb. 1 und 7) ist nach der BERLINER Arbeitsgruppe (6) die steile negative Flanke, die auf einen deutlichen Gipfel folgt, der jedoch nicht immer der höchste sein muß. Oft sieht die Antwort auf einen niedrigen Reiz auch wie das Ende eines Plateaus aus.

C. Versuche und Methoden

I. Versuchsaufbau

1.) Ableitung

Der Patient liegt bei der Untersuchung in einer akustisch gedämmten und elektrisch geschirmten Meßkammer. Die Potentiale werden zwischen Vertex und Mastoid mit Silber-Flächenelektroden von der Kopfhaut abgeleitet, im Frequenzbereich von 8o Hz bis 1,8 kHz verstärkt und auf einem Laborrechner PDP-12 reizsynchron mit einer Analysezeit von 12,5 msec mindestens 2ooomal gemittelt. Eine optimal eingestellte vom Rechner gesteuerte Artefaktausschaltung soll etwa die Hälfte der registrierten Abschnitte verwerfen. Die Ableitwiderstände an den Elektroden können außerhalb der Meßkammer jederzeit überprüft werden.

2.) Reizgabe

Über Kopfhörer (DT 48) bzw. Knochenhörer (Beoton), der auf der Mitte der Stirn angebracht wird, werden dem Ohr der Versuchsperson 'Klicks' von o,1 msec oder Pip-Reize (schmalbandige, gaußförmige Impulse, die im weiteren als 'Gauß-Pips' bezeichnet werden) in unregelmäßigen Abständen von durchschnittlich 32 msec zugeführt. Die Halbwertsbreite der 'Gauß-Pips' beträgt 3 msec (Abb. 1). Es stehen Frequenzen von 2, 4 bzw. 8 kHz zur Verfügung (Abb. 3). Um die Reizeinstreuung auf die Arbeitselektroden klein zu halten, werden Klicks bzw. Gauß-Pips wechselnder Polarität verwendet. Der Schallpegel kann vor dem Endverstärker

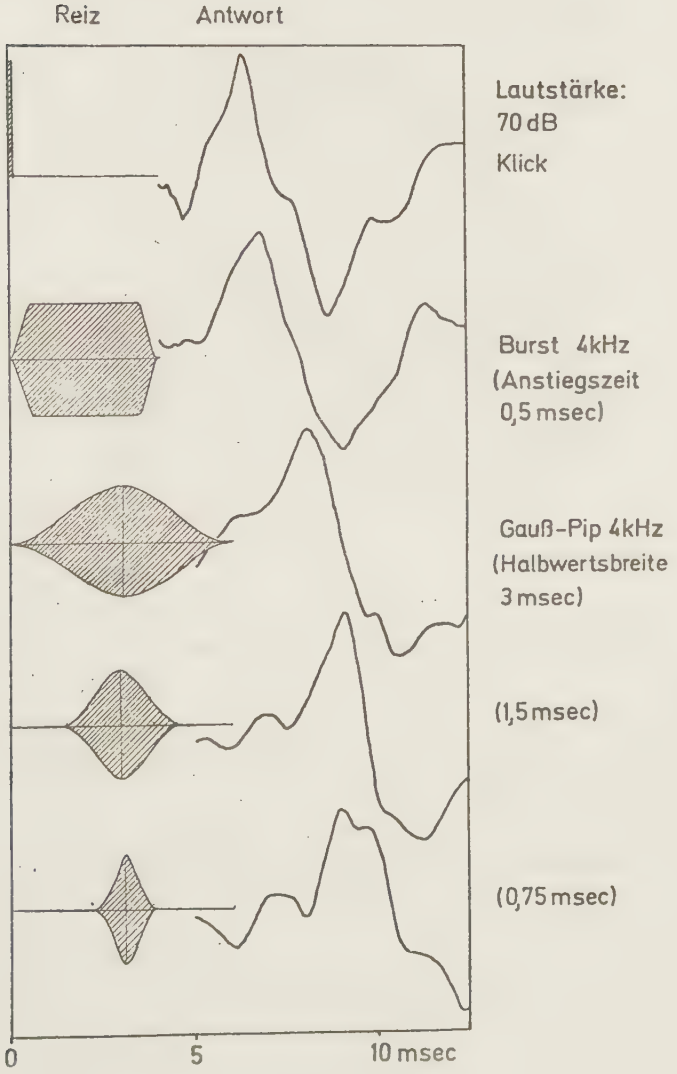
eingestellt werden.

Die Vertäubung des Gegenohres mit Langenbeck-Rauschen muß vor allem bei kombinierten Hörstörungen des zu vertäubenden Ohres mit sorgfältiger Überlegung nach den bekannten Vertäubungsregeln vorgenommen werden. Ein normalhöriges Vertäubungsohr wurde bei Knochenerregung des Reizohres für gleiche, bei Luftreizung für eine um 2o dB verminderte Tonstärke vertäubt. Ein vorliegender Hörverlust bedingt eine entsprechende Erhöhung des Rauschpegels. Eine Übervertäubung konnte in allen Fällen vermieden werden. Bei der Frequenz 8 kHz war der Rauschpegel gegenüber den Untersuchungen im mittleren Frequenzbereich um 15 dB zu erhöhen.

II. Ermittlung der günstigsten Reizform

Damit auch schmale Frequenzbänder bei Hörstörungen genauer untersucht werden können, wird ein akustischer Reiz mit möglichst schmalem Frequenzspektrum gesucht. Für die Frequenzen 2, 4 und 8 kHz werden Reize mit drei verschiedenen Gauß-Hüllkurven untersucht. Die Halbwertsbreite der Hüllkurven beträgt o,75 msec, 1,5 msec und 3 msec, wobei mit zunehmender Halbwertsbreite das Frequenzspektrum schmaler wird (Abb. 2b). Obwohl der 3 msec-Gauß-Pip die geringste Anstiegssteilheit aufweist, ruft er wegen seines größeren Energie-Inhalts die deutlichsten Antworten hervor (Abb. 1). Für die folgenden Untersuchungen wird der Gauß-Pip mit 3 msec Halbwertsbreite verwendet.

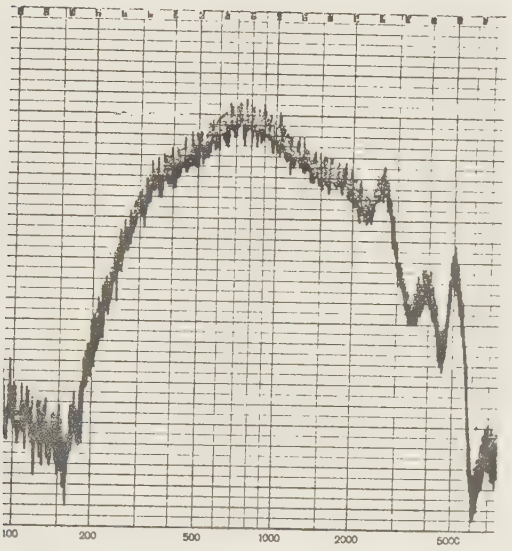
Abbildung 1: Beziehung zwischen den akustischen Reizen und den Antworten



Zu Abbildung 1: Beziehungen zwischen den akustischen Reizen und den Antworten

Es werden im Vergleich die verschiedenen Reize mit den entsprechenden Antworten gezeigt. - Trotz geringer Anstiegssteilheit provoziert der Gauß-Pip mit 3 msec Halbwertsbreite eine deutliche Antwort. Der im Vergleich zum Klick-Reiz langsamere Reizanstieg beim Gauß-Pip hat auch eine verzögerte Reizantwort zur Folge.

Abbildung 2a: Frequenzspektrum des Klick-Reizes



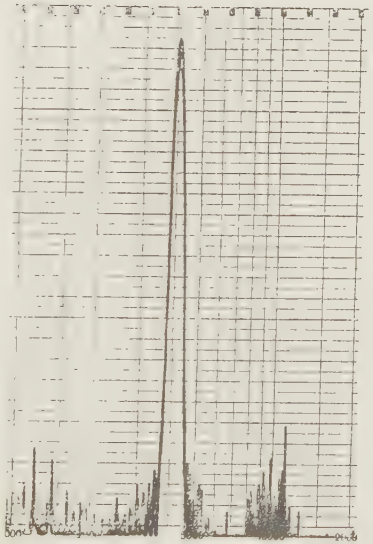
Klick (Dauer elektr. o,1 msec)

Zu Abbildung 2a und 2b:

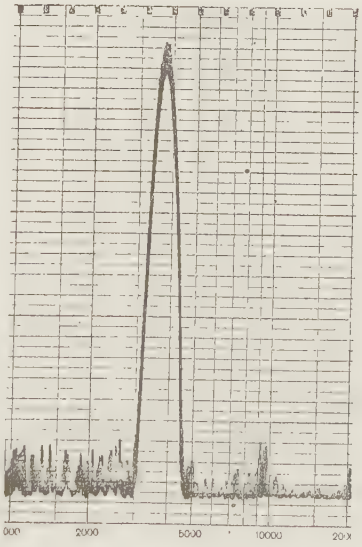
Spektralanalyse über B. u. K. Sondenmikrofon in Beyer Kopfhörer DT 48 (GERULL - 8).

Es wird das breite Reizspektrum von Klick (2a) im Vergleich zu den schmalen Spektren der Gauß-Pips mit unterschiedlicher Halbwertsbreite gezeigt (2b). Mit zunehmender Halbwertsbreite des Gauß-Pips wird das Frequenzspektrum schmaler.

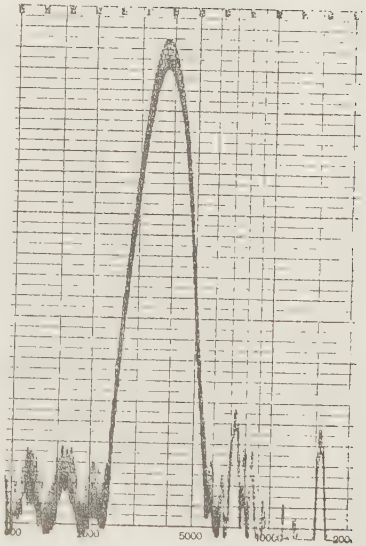
Abbildung 2b: Frequenzspektren des 4 kHz-Reizes mit gaußförmiger Hüllkurve



Halbwertsbreite
3.0 msec

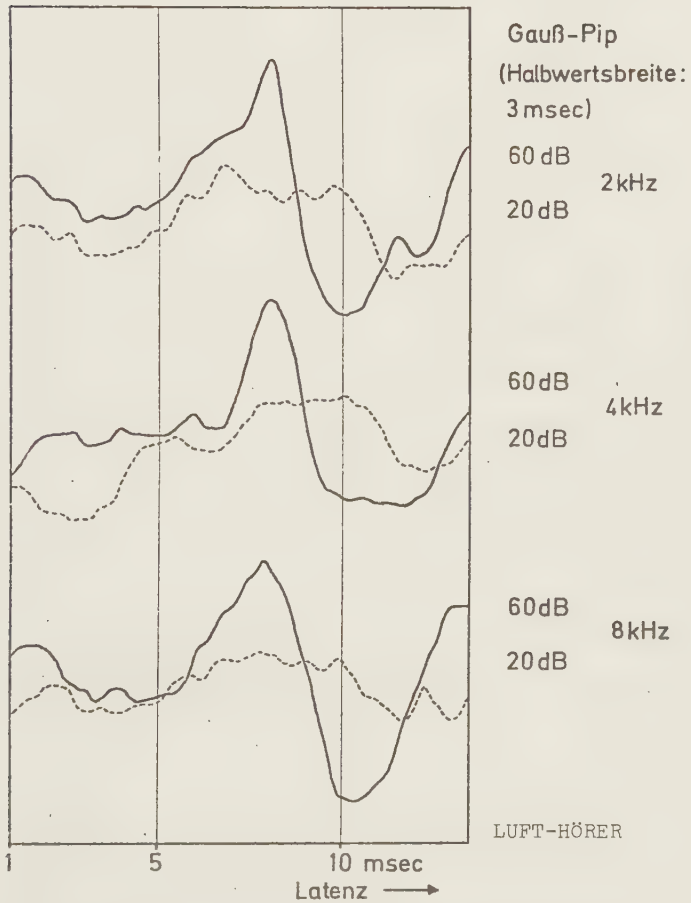


Halbwertsbreite
1.5 msec



Halbwertsbreite
0,75 msec

Abbildung 3: Antworten auf den Gauß-Pip-Reiz von 2, 4 und 8 kHz bei 2o und 6o dB



Die Latenzwerte für 2, 4 und 8 kHz sind bei gleicher Reizlautstärke annähernd gleich. Eine Verminderung der Reizlautstärke führt zur Reduktion der Amplitude und zur Latenzverlängerung.

III. Knochenhörervorversuche und Latenzabgleich

1.) Knochenhörervorversuche

In Vorversuchen werden Latenzwerte für Knochenhörer (Beoton) bei Klick und Gauß-Pips von 2, 4 und 8 kHz bei 1o normalhörigen Probanden ermittelt. Die Ergebnisse (Tab. 1 und Abb. 4) zeigen, daß die Knochenleitungswerte für Klick im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie der Luftleitung (WOLF - 17) verlängerte Latenzen aufweisen; diese Verzögerung ergibt sich daraus, daß die schwerere Membran des Knochenerregers eine längere Einschwingzeit benötigt. Bei 2, 4 und 8 kHz treten die Reizantworten wegen des im Vergleich zum Klick-Reiz langsameren Reizanstiegs ebenfalls verzögert auf (Abb. 1 und 4). Eine korrekte Auswertung der Latenz bei 2 kHz und 5o dB ist wegen elektrischer Einstreuung nicht möglich. Diese Meßwerte müssen deshalb vernachlässigt werden. Die elektrische Einstreuung konnte jedoch durch die zeitliche Vorverlegung des 2 kHz-Reizes in den folgenden Meßreihen ausgeschaltet werden (siehe unten).

2.) Latenzabgleich

Um die Latenzauswertung bei Anwendung der verschiedenen Reiz- und Wandlerarten zu vereinfachen, wurde die Reizgabe des Computers zeitlich so programmiert, daß alle Normal-Latenzen in den für Klick Luftleitung bekannten Bereich fallen (GERULL - 8).

Tabelle 1:

Ergebnisse der Vorversuche der Knochenleitung-Normal-Latenz bei Klick, 2, 4 und 8 kHz

Reiz	dB	AM (L in msec · 1o)	SD	N
2 kHz	5o	89,11	1,45	9
2 kHz	3o	88,62	3,7o	8
4 kHz	5o	78,22	4,38	9
4 kHz	3o	87,oo	7,24	9
8 kHz	5o	8o,37	4,5o	8
8 kHz	3o	89,oo	6,36	8
Klick	5o	7o,7o	5,92	1o
Klick	3o	78,33	5,89	9

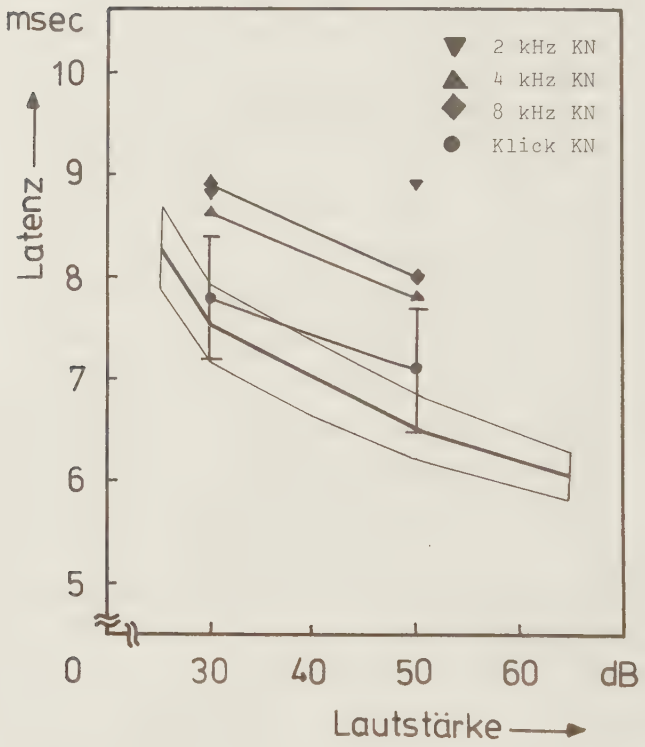
AM : Arithmetisches Mittel

SD : Standardabweichung

N : Anzahl der untersuchten Personen

L : Latenz

Abbildung 4: Ergebnisse der Vorversuche der Knochenleitung-Normal-Latenz im Vergleich mit der Pegel-Latenz-Kennlinie für Klick Luftleitung



Latenz der Antworten in Abhängigkeit von der Lautstärke der Reize. Durchgezogene Linie: Latenzkennlinie für Normalhörige bei Klickreiz und Luftleitung (nach WOLF). Streubereich dünn gezeichnet. Knochenleitungswerte für Klick, 2, 4 und 8 kHz bei 3o und 5o dB. Bei Klick-Knochenleitung ist der Streubereich eingezeichnet.

IV. Methodik der Auswertung

1.) Auswertung der Reizantworten

Die Auswertung der Latenzwerte erfolgt automatisch. Die Antwort wird durch die Spitzenerkennung des Rechners ermittelt. Gleichzeitig wird am Ort der Erkennung der Latenzwert in 'msec' ausgedruckt (GERULL - 8). Die Latenzwerte werden jedoch zusätzlich kontrolliert, indem die jeweiligen Latenzen direkt von der im Bildschirm gezeigten Antwort (siehe S. 13) abgelesen und in einem Meßprotokoll festgehalten werden. Diese 'on-line Auswertung' durch den Untersucher wird später mit der 'Plotterauswertung' verglichen und bewertet.

2.) Auswertung der Latenzen

Zur Auswertung der Meßreihen am Patienten werden zum Vergleich Latenz-Norm-Kennlinien herangezogen. Neben der in dieser Arbeit aufgestellten Knochenleitung-Latenz-Norm-Kennlinie werden die von WOLF (17) und WILLER (16) ermittelten Luftleitungs-Normkurven für Klick bzw. 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pips verwendet.

Dem Meßprotokoll liegt ein Diagramm nach den von WOLF ermittelten Werten zugrunde (Abb. 5). Nach dem erfolgten Latenzabgleich (siehe S. 21) bedeutet die durchgezogene Linie in Abbildung 5 die Pegel-Latenz-Kennlinie von Normalhörigen für Klick, 2, 4 und 8 kHz. Der Streubereich ist gestrichelt.

Vorgehen:
Zuerst interessiert, bis zu welchem dB-Pegel eine Antwort

nach als solche erkennbar ist (siehe S. 13). Es wird also ein Schallpegel im Bereich der Hörschwelle ermittelt (5, 13). Danach wird kontrolliert, wie groß eine mögliche Verschiebung der Latenzen zu höheren Lautstärken ist. Der Hörverlust ist gleich der Strecke [dB], die von einem Meßpunkt abszissenparallel zur Normkennlinie unter Beachtung der Streubereiche gemessen wird.

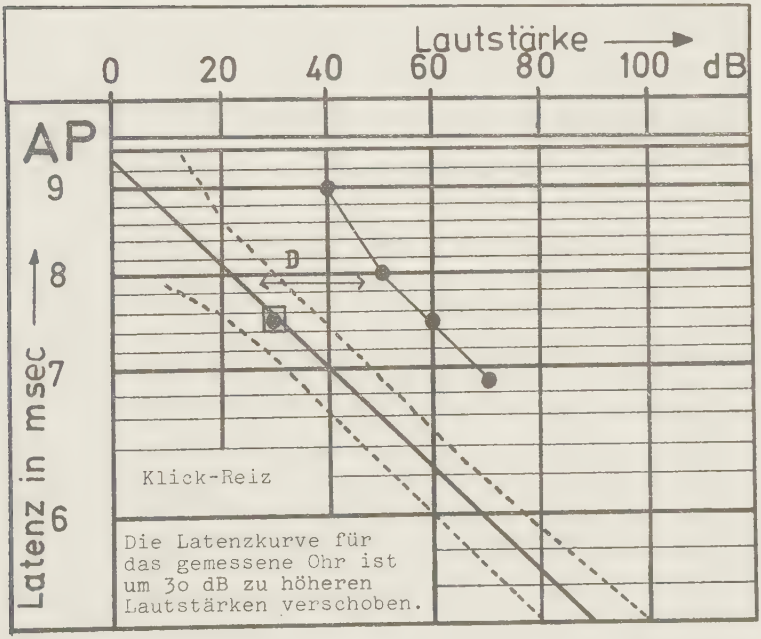
Beispiel (Abb. 5):
Bei Klick-Reiz von 5o dB wird eine Latenz von 8 msec gemessen. Dieselbe Latenz wird bei Normalhörigen für Lautstärken zwischen 15 und 25 dB gefunden. Der Hörverlust ergibt sich aus der Differenz: 25 - 35 dB.

Eine Schalleitungskomponente ist auch aus der Reizlautstärkedifferenz bei gleichen Knochen- und Luftleitungslatenzen ablesbar (13). Das heißt: der Knochenleitungslatenz bei 3o dB entspricht die gleiche Luftleitungslatenz bei 6o dB (Abb. 5); da gleiche Latenz für Knochen- und Luftleitung gleiche Erregungsgröße bedeutet, entspricht die daraus resultierende Reizlautstärkedifferenz von rund 3o dB der Schalleitungskomponente.

Bei der Bestimmung der Differenz von der Normalkennlinie ist der Streubereich zu beachten. Da aber gleiche Latenz für Knochen- und Luftleitung (wie oben erwähnt) gleiche Erregungsgröße bedeutet, ist trotz der auch hier auftretenden Streuungen ein besserer Bezugspunkt gefunden als die sog. Normalkennlinie.

Abschließend werden die Ergebnisse, die nach der objektiven und subjektiven Audiometrie erhalten wurden, miteinander verglichen.

Abbildung 5: Latenz der Antworten in Abhängigkeit von der Lautstärke der Reize für Luft- und Knochenhörer an einem Fall einer Schalleitungsstörung von ca. 3o dB



Durchgezogene Linie: Pegel-Latenz-Kennlinie für Normalhörige. Gestrichelte Linie: Streubereich.

●: Luftleitung, ◙: Knochenleitung, D: Differenz.

3.) Auswertung des geplotteten Protokolls

Die automatische Auswertung muß überprüft werden, denn nicht jeder ausgedruckte Latenzwert bedeutet eine positive Antwort. Außerdem ist ein Fehlen einer ausgedruckten Zahl über einem deutlichen Antwortgipfel nicht immer ein Kriterium für eine negative Antwort. In diesem Fall muß die Latenzzeit einer eventuellen Antwort subjektiv nach den auf S. 13 beschriebenen Hauptkriterien für eine positive Antwort ermittelt werden. Damit die Latenzzeit des gefundenen Gipfels angegeben werden kann, muß der Abstand zwischen dem Beginn der Antwortaufzeichnung und dem bestimmten Gipfel in 'mm' gemessen werden. Die Anzahl der ermittelten 'mm' mit 2/1o multipliziert und zur Summe 1 (Reizverzögerung) addiert ergibt die Latenzzeit in 'msec'.

$$L\ [\text{msec}] \triangleq \frac{L\ [\text{mm}] \cdot 2}{1o} + 1 \qquad L = \text{Latenzwert}$$

D. Ergebnisse

I. Ermittlung der Pegel-Latenz-Kennlinie für Klick und Frequenzreize bei Knochenerregung

1.) Allgemeines zur Pegel-Latenz-Kennlinie bei Knochenerregung

Damit die pathologischen Befunde richtig erfaßt und interpretiert werden können, muß eine Knochenleitungs-Normkurve und deren Streubreite ermittelt werden. Die Knochenleitungsuntersuchung soll den Befund der Mittelohrschwerhörigkeit mit normalen (Knochenleitungs-) Latenzwerten gegen ebenfalls latenzverlängernde retrocochleäre Schäden (7) absichern.

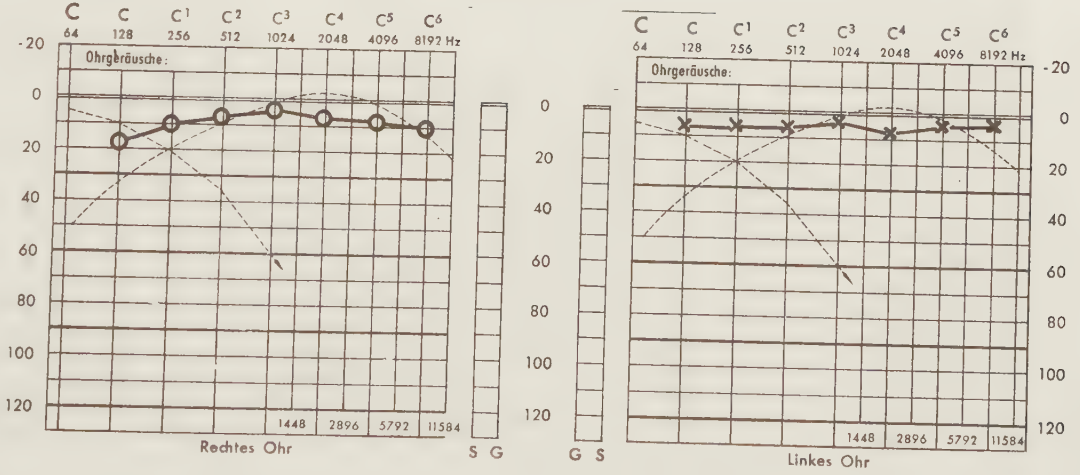
Die Normalreihe wird mit Hilfe von 12 audiologisch gesicherten normalhörigen Personen im Alter von 18 bis 29 Jahren für Klick 2, 4 und 8 kHz bei 3o und 5o dB ermittelt.

2.) Beispiel aus der Normreihe

Fall: F.A., 18 J. - Normalhörigkeit
Klinische Diagnose: ohne pathologische Anamnese
Tonschwellen -Audiogramm (Abb. 6): beiderseits: kein pathologischer Hörverlust, bei Luftleitung Schwelle um 5 dB.

E.R.A.-Befund (Abb. 7): Frühe Potentiale sind für Klick und Gauß-Pip 2, 4 und 8 kHz Knochenleitung bei 5o und 3o dB Schallpegel deutlich nachweisbar. Die Latenzen entsprechen der ermittelten Normkurve (vgl. Abb. 8).

Abbildung 6: Tonschwellen-Audiogramm Fall: F.A., 18 J.



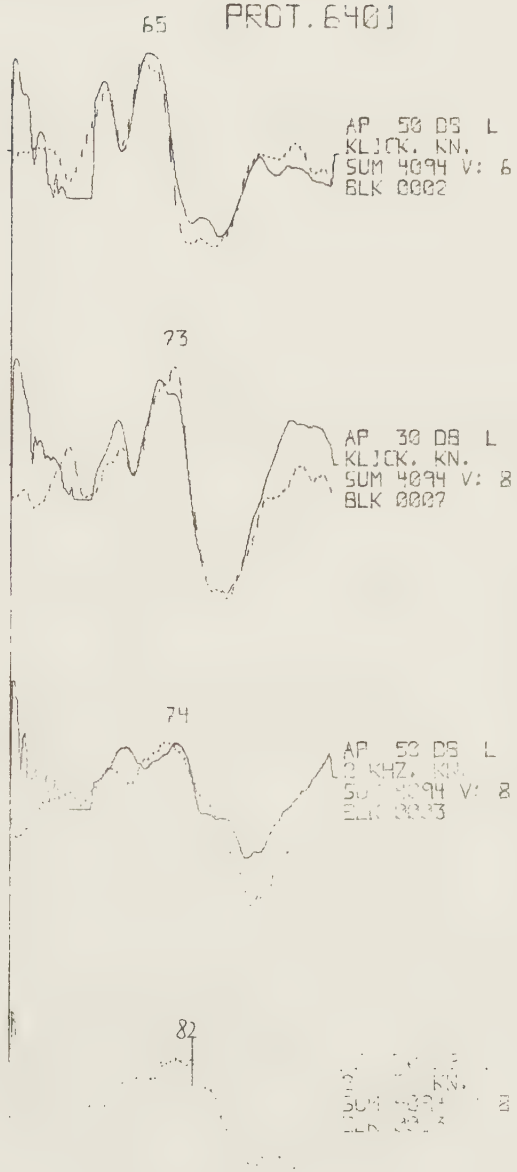


Abbildung 7a: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall: F.A., 18 J.

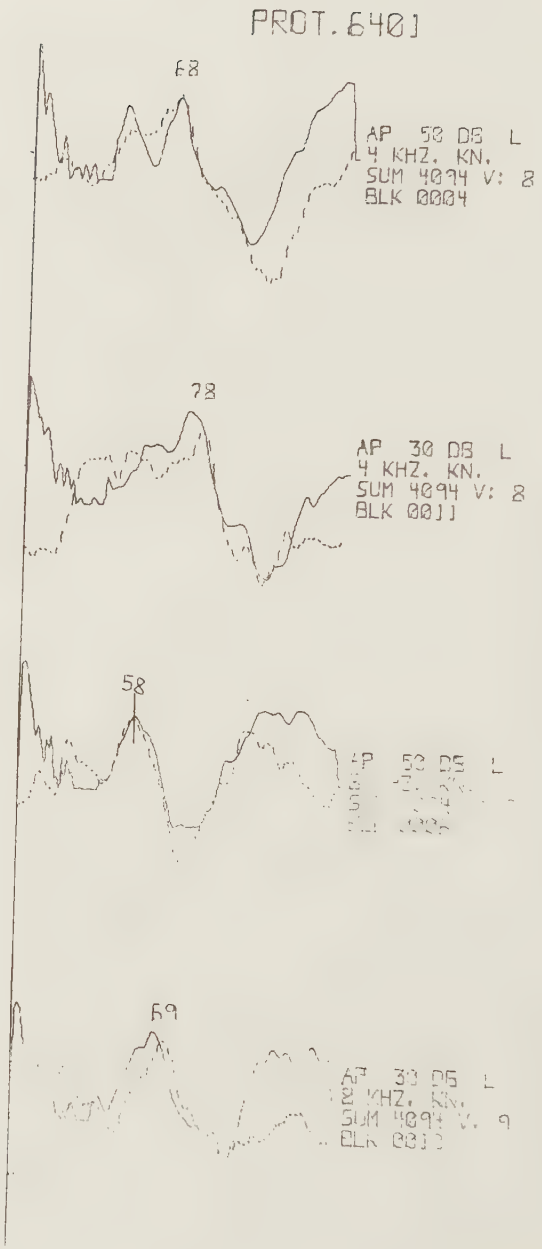


Abbildung 7b: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall: F.A., 18 J.

Erläuterung der benutzen Symbole beim Tonschwellen-Audiogramm:

> = Knochenleitung rechts
< = Knochenleitung links
Verbindungslinie gestrichelt

O = Luftleitung rechts
× = Luftleitung links
Verbindungslinie durchgehend

Zeichenerklärung für die geplotteten Protokolle:

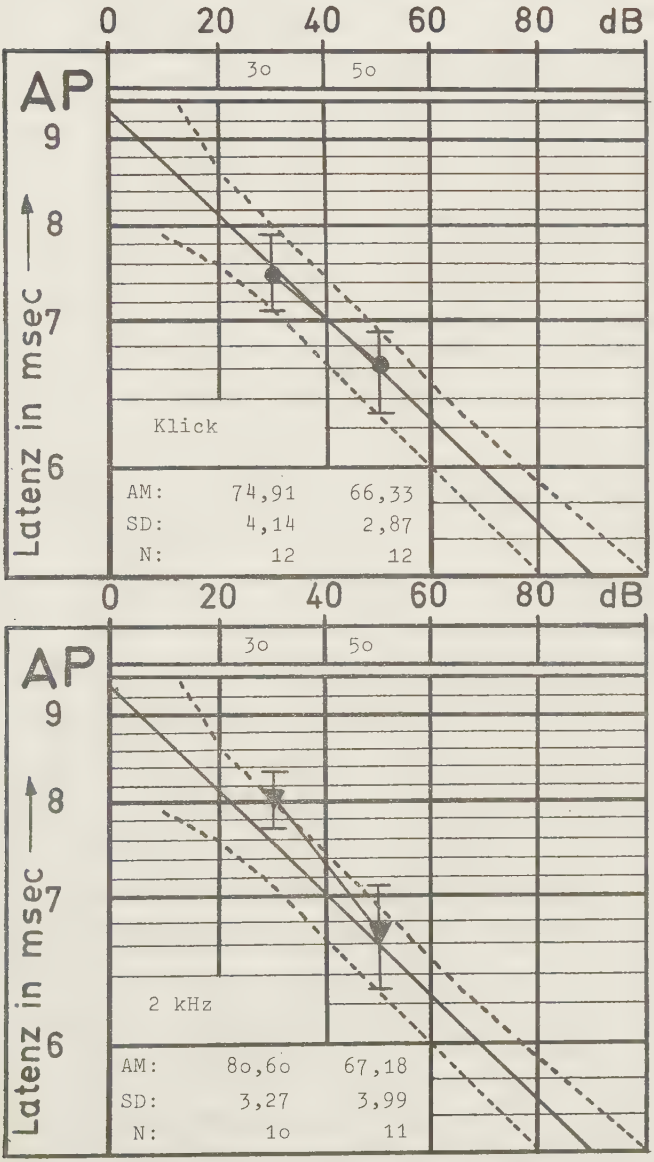
Es werden Ergebnisse von zwei Kanälen dargestellt.
Ausgedruckte Zahl über einem Gipfel: Ausdruck des Latenzwertes für Hirnstammpotential am Ort der Erkennung in [msec . 1o] .

AP: es werden Aktionspotentiale abgeleitet
DB: die jeweilige Reizlautstärke in [dB] HV angegeben
L: linkes Ohr
R: rechtes Ohr
KLICK: Klick-Reiz
2 KHZ: 2 kHz Gauß-Pip-Reiz
4 KHZ: 4 kHz Gauß-Pip-Reiz
8 KHZ: 8 kHz Gauß-Pip-Reiz
KN: Knochenleitung
LUFT: Luftleitung
SUM: Anzahl der summierten Reizantworten
V: Größe der Verstärkung
BLK: Blocknummer der digitalen Speicherung

3.) Die Pegel-Latenz-Kennlinie bei Knochenerregung

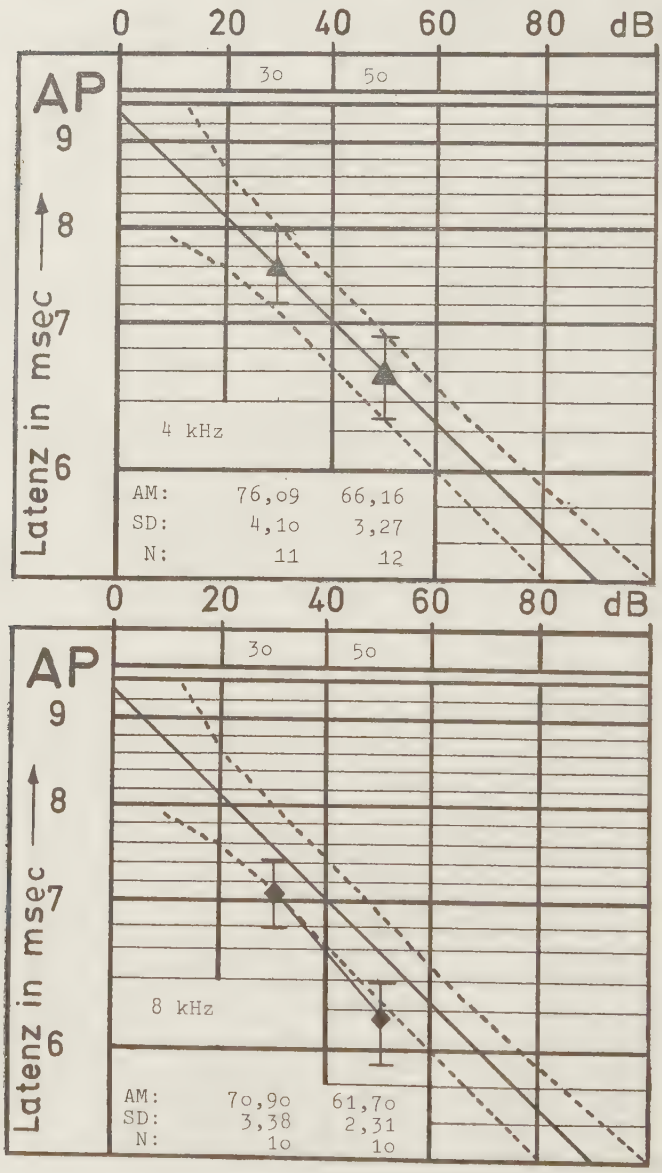
Die Werte aller untersuchten Personen zeigen (Abb. 8) gute Übereinstimmung mit der Pegel-Latenz-Kennlinie für Klick Luftleitung. Geringe Abweichungen erklären sich daraus, daß beim Latenzabgleich (siehe S. 21) die Latenzen der Normalwerte für Frequenz-Luftschall-Reizung (WILLER - 16) zur Reizverschiebung verrechnet wurden.

Abbildung 8a: Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und Frequenzreize bei Knochenerregung



AM und SD: Latenz in [msec · 1o]
AM: Arithmetisches Mittel
SD: Standardabweichung
N: Anzahl der untersuchten Patienten

Abbildung 8b: Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und Frequenzreize bei Knochenerregung



AM und SD: Latenz in [msec · 1o]
AM: Arithmetisches Mittel
SD: Standardabweichung
N: Anzahl der untersuchten Patienten

II. Untersuchung von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen

1.) Untersuchungsmethodik

a) Allgemeines zur Untersuchung der Hörstörungen

Bei den pathologischen Fällen soll untersucht werden,

1. ob die Hörschwellen im Vergleich zur subjektiven Messung richtig bestimmt werden;
2. ob Mittelohrstörungen nachgewiesen und deren Ausmaße bestimmt werden können.

Zur klinischen Erprobung werden 1o Patienten mit audiologisch gesicherten Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen untersucht.

Es werden dazu folgende Messungen durchgeführt:

1. Tonschwellen-Audiogramm;
2. Békésy-Audiogramm (zum Ausschluß einer Hörnervenschädigung sowie zentraler Schäden);
3. E.R.A. auf 2, 4 und 8 kHz- Reiz sowie ergänzend auf Klick-Reiz.

Angestrebt wird eine vom Tonschwellen-Audiogramm unabhängige objektive Schwellenermittlung durch Erfassung der Hirnstammpotentiale. Dadurch werden im Verlauf der Untersuchung Messungen bei verschiedenen Lautstärken notwendig, um schließlich den Wert zu finden, der gerade noch ein positives Ergebnis erkennen läßt. Dabei wird vorausgesetzt (vgl. Normalversuche), daß es mit der objektiven Untersuchung möglich ist, Antworten in Schwellennähe zu erhalten.

b) Untersuchungsmethode zur Erfassung der Hirnstammpotentiale

Grundsätzlich wird am Anfang der Untersuchung bei Klick, 2, 4 und 8 kHz mit der Lautstärke von 8o dB gereizt. Bei diesem lauten Reiz ist mit einer deutlichen positiven Antwort zu rechnen, an der man feststellen kann, ob eine Latenzverschiebung vorliegt oder nicht. Eine eventuelle Latenzverlängerung durch retrocochleäre Schäden wird anschließend durch Knochenleitungsreize (für Klick, 4 und 8 kHz mit 5o dB; 2 kHz mit 3o dB) mit normalen Latenzen ausgeschlossen. Danach wird die eigentliche Gesamthörschwelle mit Luftleitungsreizen gesucht. Es wird mit einer Lautstärke von 3o dB für Klick, 2, 4 und 8 kHz begonnen. Erfolgt auf den Reiz keine positive deutliche Antwort, wird die Lautstärke schrittweise um 1o dB erhöht, bis ein positives Ergebnis gefunden wird. Da mit Annäherung an die Hörschwelle die Potentialamplitude kleiner wird, muß im Zweifel eine Messung wiederholt werden. Gewöhnlich ist eine Summation von 2ooo Potentialen ausreichend, um eine positive Antwort zu erkennen. Deutlicher wird sie jedoch durch weiteres Aufsummieren der Potentiale, weil dadurch die Amplitude und die Störunterdrückung größer wird. In Schwellenenähe empfiehlt es sich, mehr als 2ooo Potentiale zu summieren.

Die Potentialamplitude wird außerdem mit zunehmender Verstärkung größer und damit deutlicher. Die Verstärkung muß bei Unruhe des Untersuchten reduziert werden; größte

Verstärkung ist während des Schlafzustandes der Versuchsperson möglich.

c) Meßprotokoll

In den abgebildeten Meßprotokollen (siehe unten) werden nur deutlich positive Antworten vermerkt.

Beispiel: Bei einer deutlichen Antwort auf einen 3o dB-Reiz und keiner Antwort auf einen 2o dB-Reiz wird die Antwort auf den 3o dB-Reiz gewertet. So ist es möglich, aus dem Meßprotokoll die Gesamthörschwelle (Schallpegel in Hörschwellennähe) abzulesen. Beim oben genannten Beispiel liegt die Schwelle zwischen 2o und 3o dB. Die Differenz zur wirklichen Hörschwelle beträgt maximal ca. 1o dB.

2.) Ergebnisse

a) Einige t ypische Ergebnisse mit akustisch evozierten Potentialen

Fall 1 (K.J., 16 J.): Mittelohrschwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: rechts: ohne path. Befund; links: Zustand nach Radikal-Op. und Tympanoplastik (Typ II) bei histologisch nachgewiesener Mittelohr-Tuberkulose.

Tonschwellen-Audiogramm (Abb. 9): rechts: Normalhörigkeit; links: frequenzunabhängige Mittelohrschwerhörigkeit mit Hörverlust von 5o dB.

Békésy-Audiogramm (Abb. 1o): ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

einseitige große Mittelohrschwerhörigkeit mit gleichen Bedingungen zur Bestimmung der Hörschwelle für Klick, 2, 4 und 8 kHz, da über alle Frequenzen gleicher Hörverlust von ca. 5o dB besteht.

E.R.A.-Befund (Abb. 11 und 12a-d):

Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick bis 6o dB, für 2 und 4 kHz bis 5o dB und für 8 kHz bis 7o dB nachweisbar. Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und 4 kHz einem Schallleitungshörverlust von ca. 4o dB, für 2 und 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von 45 dB.

Knochenschall: alle Latenzwerte liegen im Normbereich.

Aussage der Ergebnisse (Abb. 13):

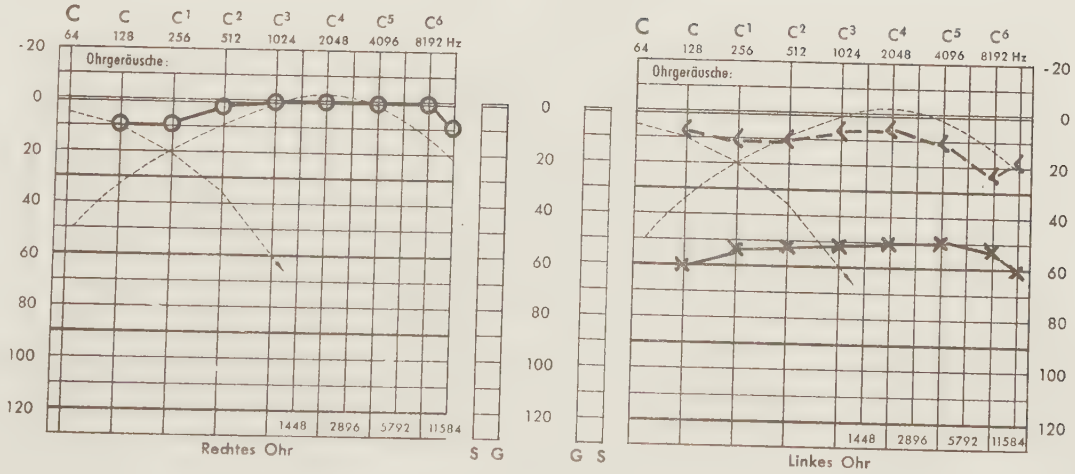
Das Ergebnis zeigt, daß die Gesamthörschwelle objektiv ermittelt werden kann. Die Schalleitungskomponente ist zu bestimmen.

Die Schwierigkeit einer exakten Darstellung der Gesamthörschwelle resultiert aus der großen Schalleitungskomponente: Gesamthörverlust ca. 5o dB, Schalleitungsanteil 45-5o dB. Ein akustischer Reiz von 5o dB kann bei einem Schalleitungsanteil von 45-5o dB kein Potential mit großer Amplitude hervorrufen, denn in Schwellennähe nimmt die Potentialamplitude ab (siehe: Klick Luftleitung 5o dB, Abb. 12b).

Kommt, wie in diesem Fall bei 8 kHz, zu der Schalleitungskomponente von 45 dB noch ein Schallempfindungsstörungsanteil von ca. 25 dB hinzu, so liegt der Schwellenbereich bei 7o dB. Selbst ein Reiz von 8o dB kann bei dieser Schwelle nur eine kleine Potentialamplitude aufweisen, da der um ca. 45 dB Schalleitungskomponente verminderte Reiz schließlich nur mit 35 dB die Cochlea erreicht und bei einen Innenohrschaden mit Hörverlust von ca. 25 dB nur noch ein Potential über 1o dB subjektiver Lautstärke ermittelt werden kann. Deshalb soll im Zweifel in Schwellennähe eine Messung wiederholt werden.

Die Schalleitungskomponente entspricht für 2 kHz (wo dieser Vergleich möglich ist) der Reizlautstärkedifferenz von Knochen- und Luftleitungslatenz: 45 dB.

Abbildung 9: Tonschwellen-Audiogramm Fall 1 (K.J., 16 J.)



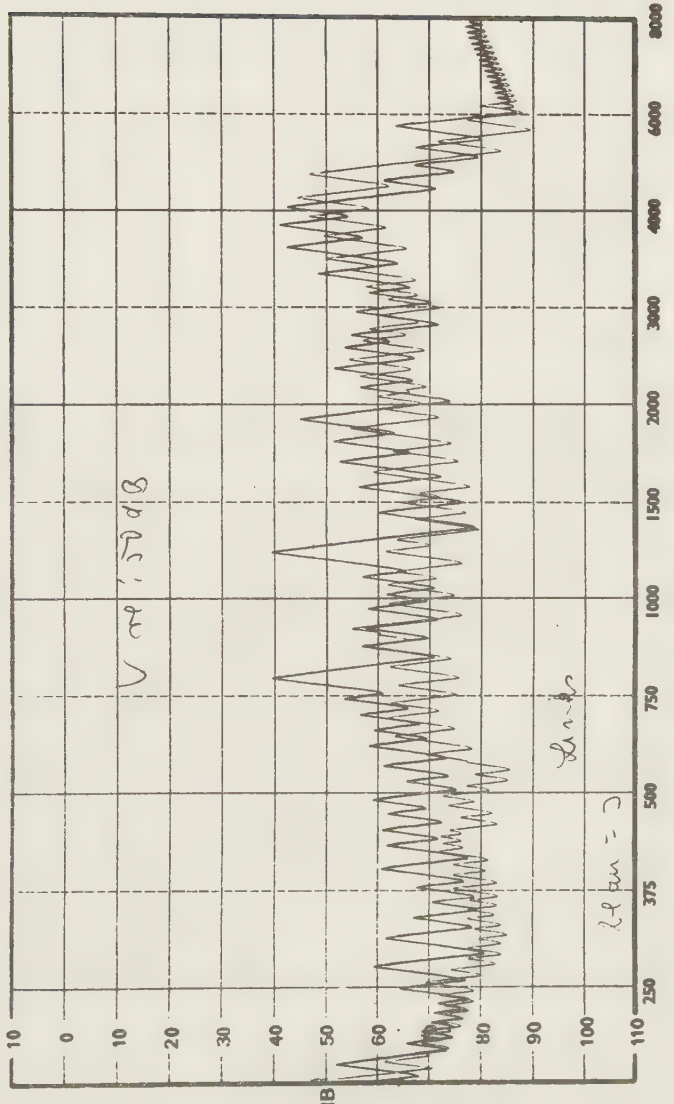
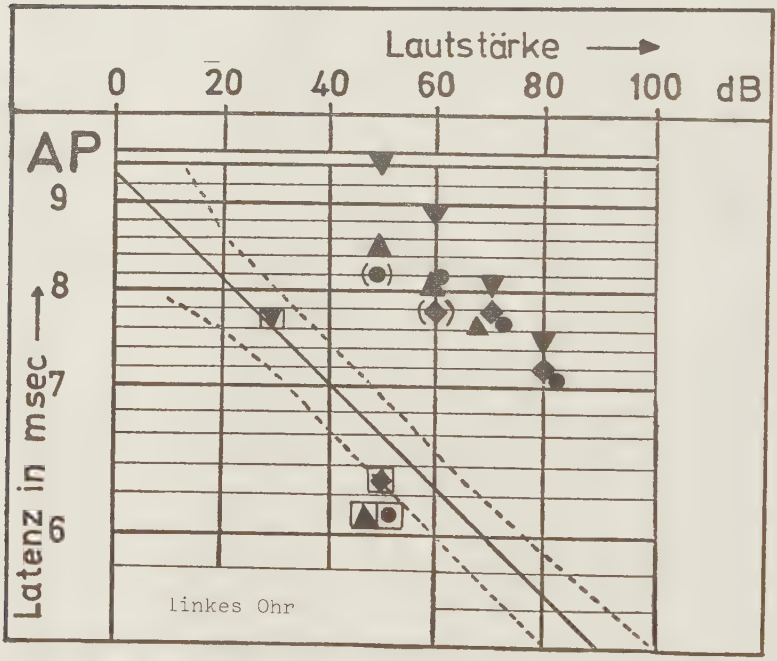


Abbildung 10: Békésy Audiogramm Fall 1 (K.J., 16 J.)

Abbildung 11. Fall 1 (K.J., 16 J.): Latenzen der mit Klick und 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pips evozierten Hirnstammpotentiale in Abhängigkeit von der Reizlautstärke

OBJEKTIVE AUDIOMETRIE
MESSPROTOKOLL



kHz	2	4	8	Klick
Luft	▼	▲	◆	●
Knochen	▽	△	◇	○

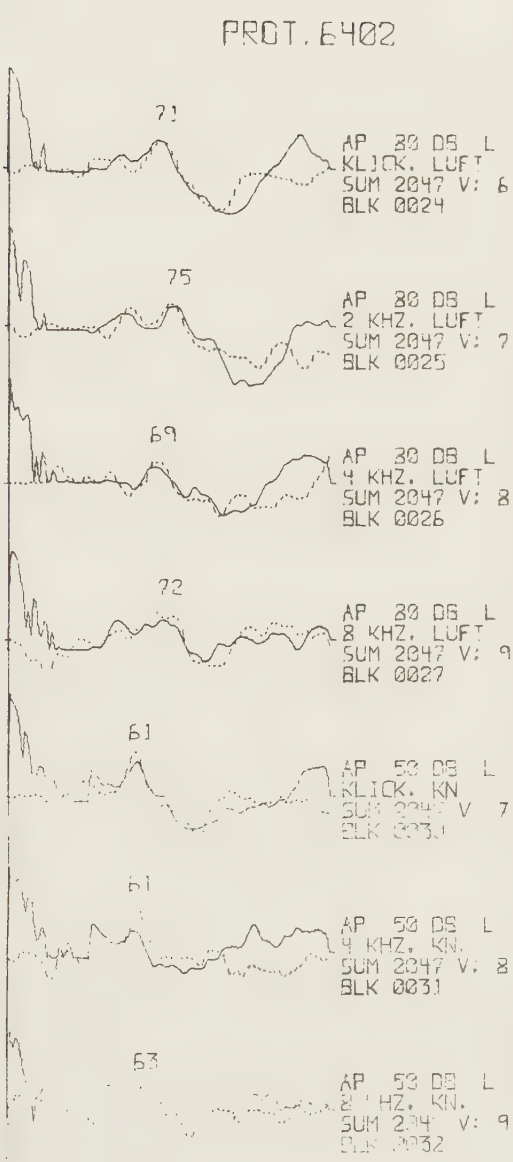


Abbildung 12a: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 1 (K.J., 16 J.)

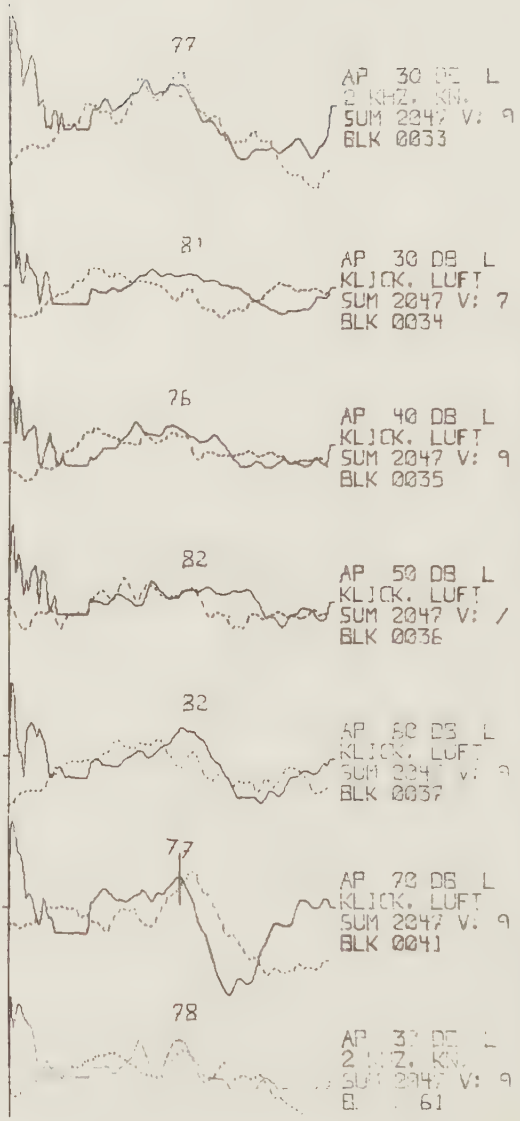


Abbildung 12b: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 1 (K.J., 16 J.)

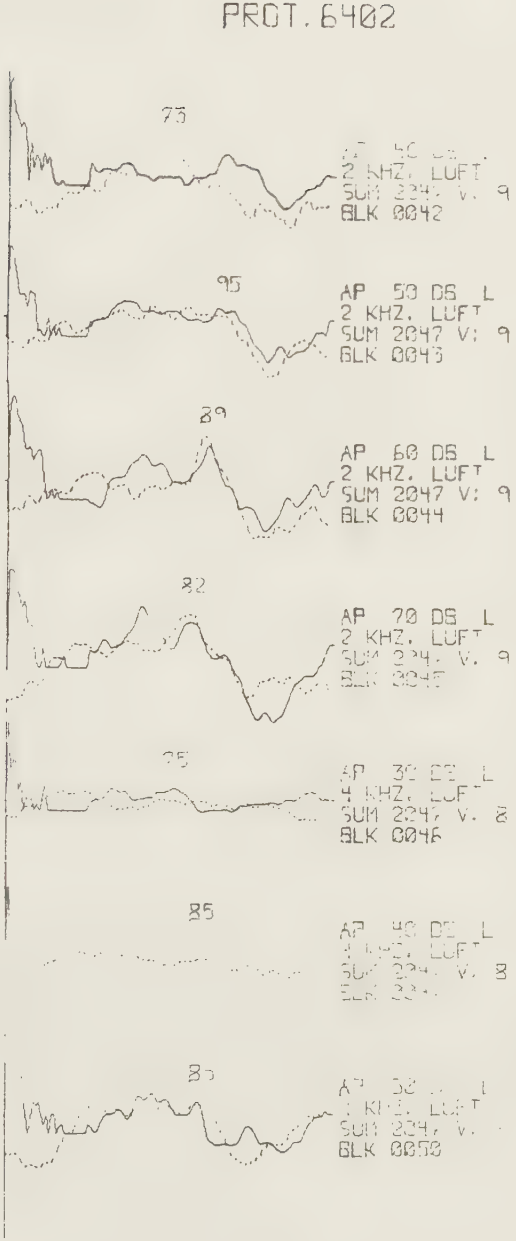


Abbildung 12c: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 1 (K.J., 16 J.)

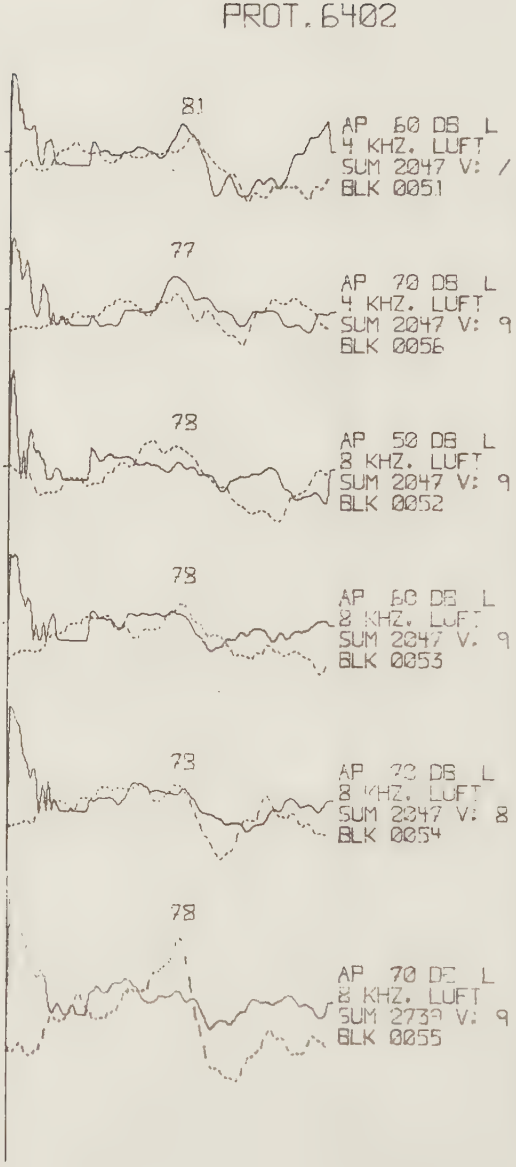
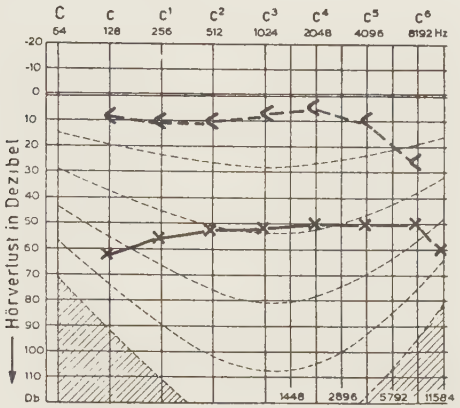
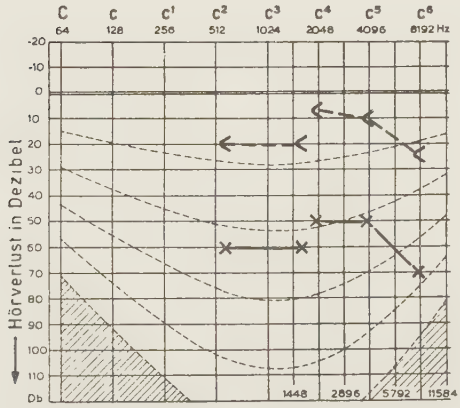


Abbildung 12d: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 1 (K.J., 16 J.)

Abbildung 13. Fall 1 (K.J., 16 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

Fall 2 (K.A., 25 J.): kombinierte Schwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: rechts: ohne path. Befund;

links: Zustand nach Tympanoplastik (Typ II), große randständige Perforation des Trommelfells und Cholesteatom.

Tonschwellen-Audiogramm (Abb. 14): rechts: Normalhörigkeit;

links: kombinierte Schwerhörigkeit mit Hörverlust von ca. 6o dB und einem Schalleitungsanteil von 1ooo bis 8ooo Hz. Bei 2ooo Hz beträgt der Gesamthörverlust nur ca. 4o dB.

Békésy-Audiogramm (Abb. 15): ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

kombinierte Schwerhörigkeit mit deutlichem Schallempfindungsstörungsanteil bei unterschiedlich großem Gesamthörverlust.

E.R.A.-Befund (Abb. 16 und 17a-c):

Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick bis 5o dB, für 2 kHz bis 4o dB sowie für 4 und 8 kHz bis 6o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von ca. 4o dB, für 2 und 4 kHz einem Schalleitungshörverlust von 35 dB.

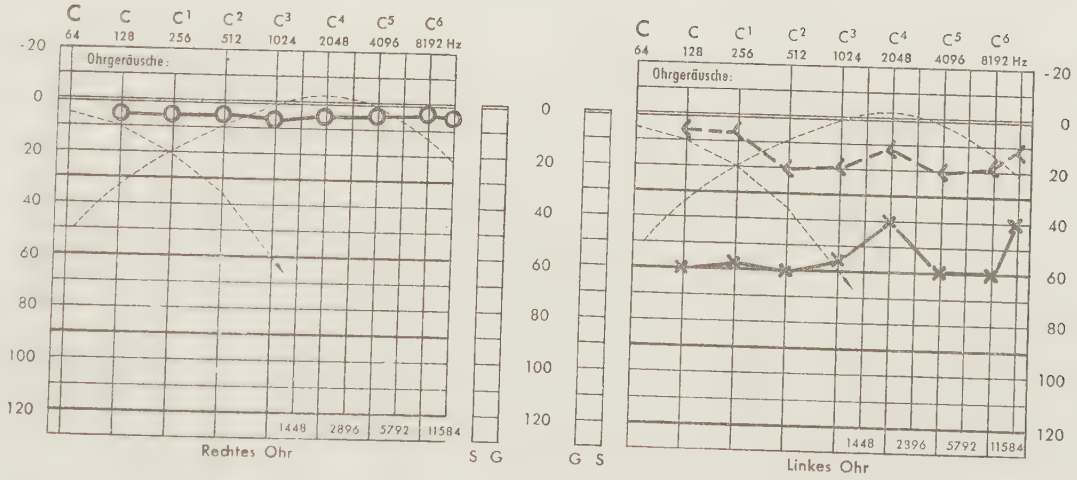
Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2, 4 und 8 kHz im Normbereich.

Aussage der Ergebnisse (Abb. 18):

Die Gesamthörschwelle wird ermittelt und der Schalleitungsverlust kann bestimmt werden. Auch der Kurvengipfel bei 2 kHz im Tonschwellen-Audiogramm kann sehr gut nachgewiesen werden.

Die Schalleitungskomponente bei 2 kHz läßt sich genauer durch die Lautstärkedifferenz von Knochen- und Luftleitungslatenz als durch die Bestimmung des Abstandes einer Latenz von der Normalkennlinie (siehe S. 25f) ermitteln.

Abbildung 14: Tonschwellen-Audiogramm Fall 2 (K.A., 25 J.)



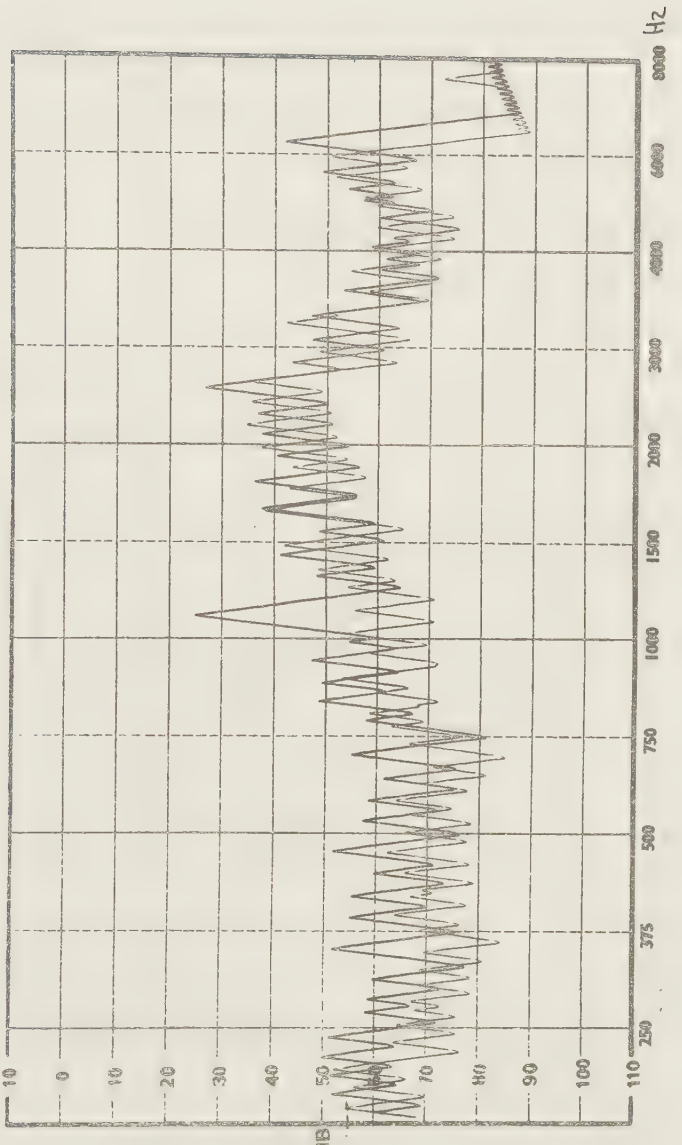
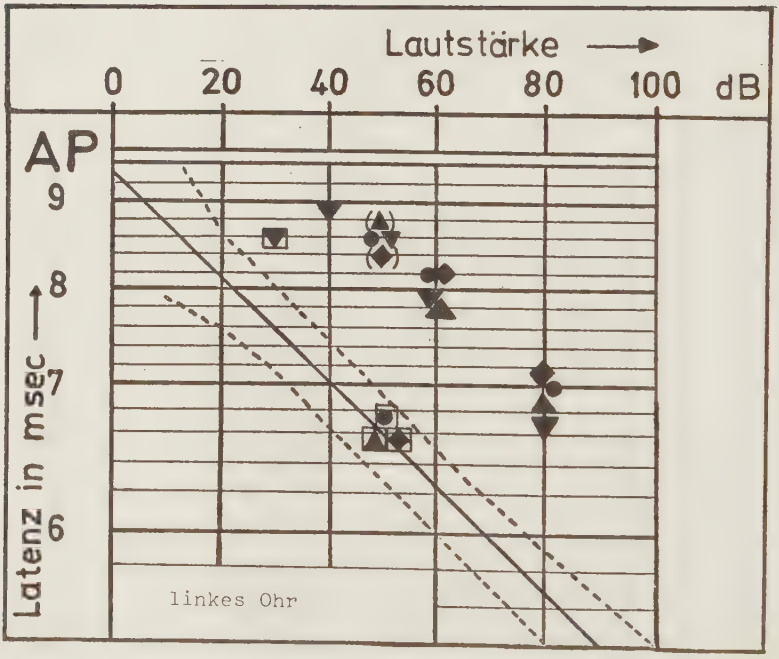


Abbildung 15: Békésy Audiogramm Fall 2 (K.A., 25 J.)

Abbildung 16. Fall 2 (K.A., 25 J.): Latenzen der mit Klick und 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pips evozierten Hirnstammpotentiale in Abhängigkeit von der Reizlautstärke

OBJEKTIVE AUDIOMETRIE
MESSPROTOKOLL



kHz	2	4	8	Klick
Luft	▼	▲	◆	●
Knochen	▽	△	◇	○

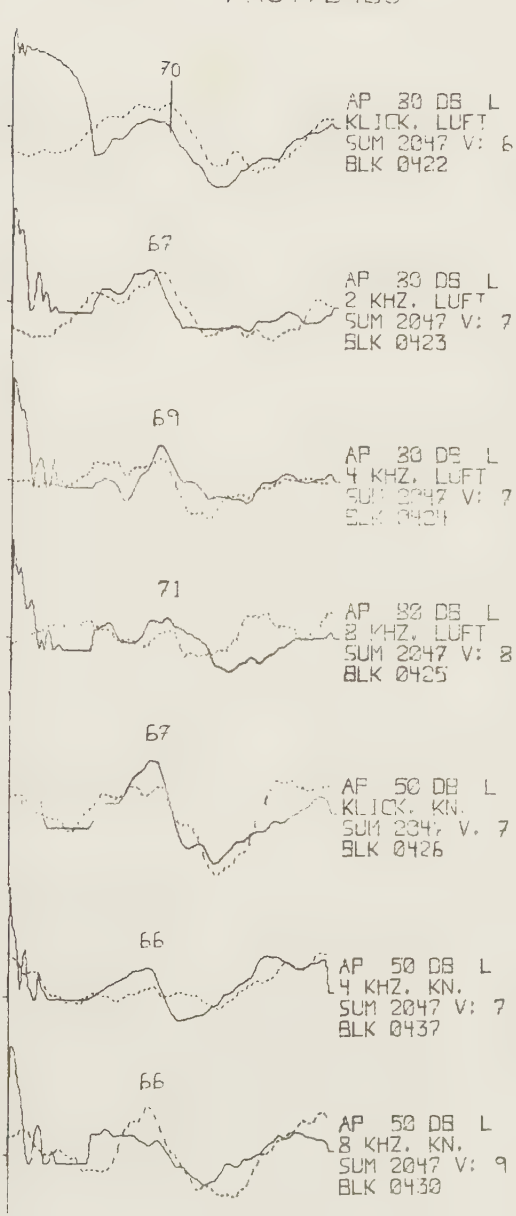


Abbildung 17a: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 2 (K.A., 25 J.)

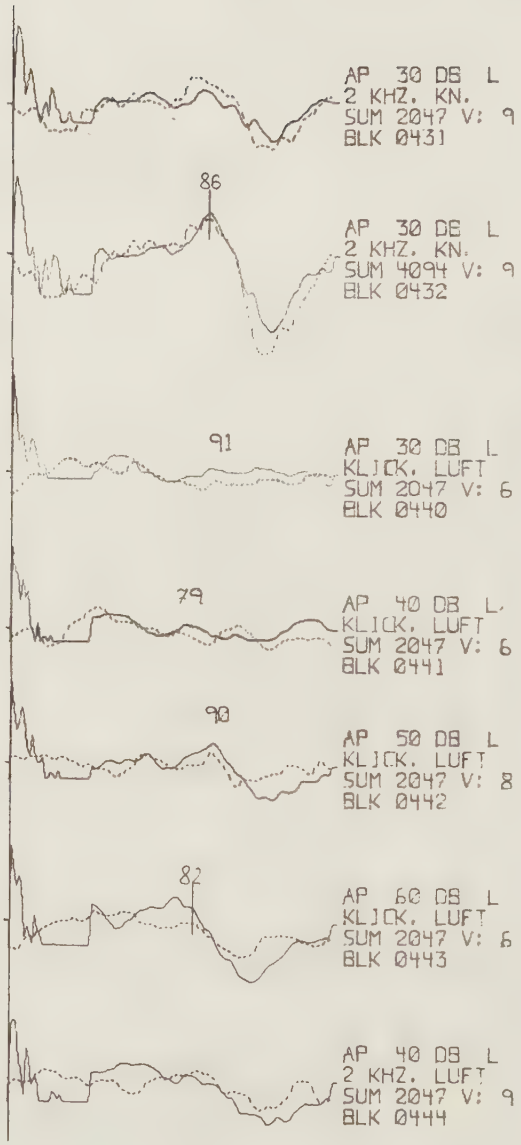


Abbildung 17b: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 2 (K.A., 25 J.)

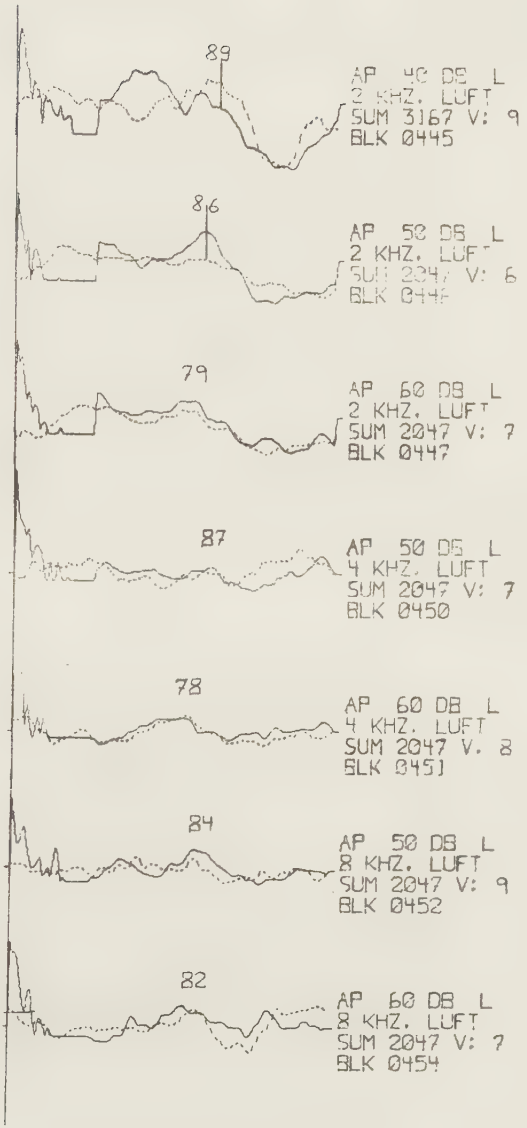
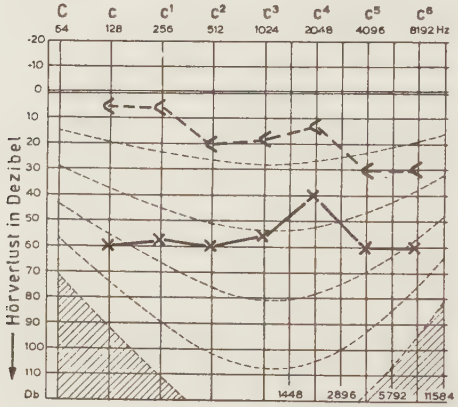
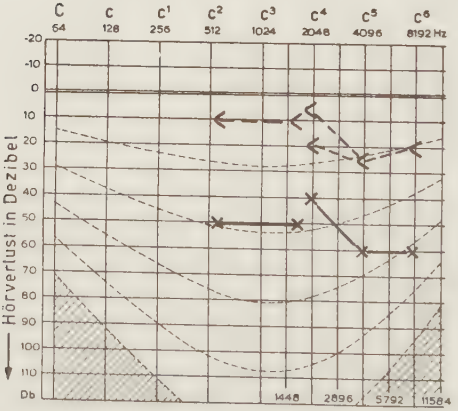


Abbildung 17c: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 2 (K.A., 25 J.)

Abbildung 18. Fall 2 (K.A., 25 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

Fall 3 (D.H., 34 J.): kombinierte Schwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: beiderseits: große zentrale Trommelfellperforation bei reizloser Paukenschleimhaut.

Tonschwellen-Audiogramm (Abb. 19): rechts: basocochleäre Schallempfindungsstörung; links: kombinierte Schwerhörigkeit, von 1 bis 8 kHz Gesamthörverlust zwischen 2o und 4o dB mit 2o dB Schalleitungskomponente.

Békésy-Audiogramm (Abb. 2o): ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

frequenzabhängige kombinierte Schwerhörigkeit.

E.R.A.-Befund (Abb. 21 und 22a-c):

Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick und 8 kHz bis 4o dB, für 2 kHz bis 3o dB, für 4 kHz bis 5o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick einem Schalleitungshörverlust von 3o dB, für 2 und 4 kHz einem Schalleitungshörverlust von 2o dB und für 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von 15-25 dB.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2 und 4 kHz in der Norm. Die Ablesung der Latenz für 8 kHz ist unsicher.

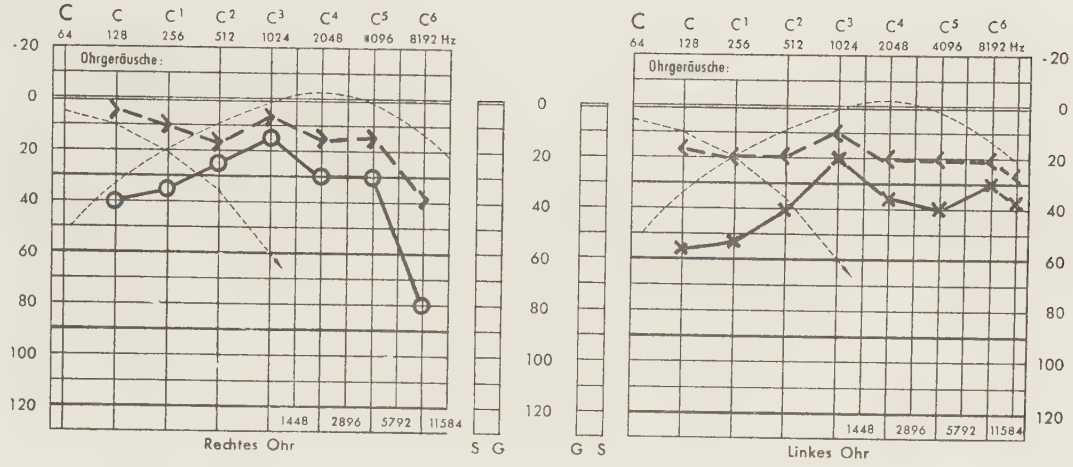
Aussage der Ergebnisse (Abb. 23):

Als Folge des breiten Klick-Spektrums wird festgestellt, daß objektiv kein genauer Wert für Klick gefunden wird. Dies mußte erwartet werden, da die subjektiv gefundenen Gesamthörverluste im Klick-Bereich sehr unterschiedlich sind. Diese Ungenauigkeit spiegelt sich auch bei der Feststellung der Schalleitungskomponenten wider.

Bei 2, 4 und 8 kHz stimmt das objektive mit dem subjektiven Audiogramm bis auf ± 1o dB beim Gesamthörverlust überein. Dies wiederum kann auf die bekannte Ungenauigkeit der subjektiven Tonschwellen-Audiometrie bzw. auf die Ungenauigkeit der Ablesung der kleinen Potentialamplituden in Hörschwellennähe bei der objektiven Audiometrie zurückzuführen sein.

Eine Schalleitungskomponente von ca. 2o dB wird objektiv bestätigt.

Abbildung 19: Tonschwellen-Audiogramm Fall 3 (D.H., 34 J.)



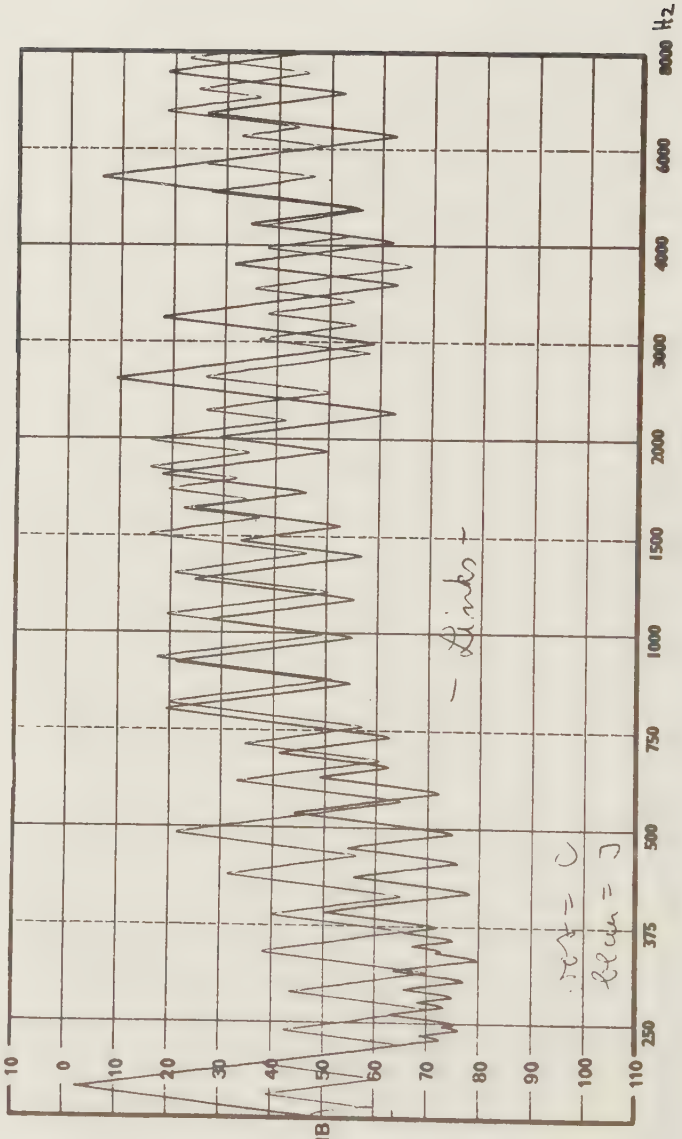
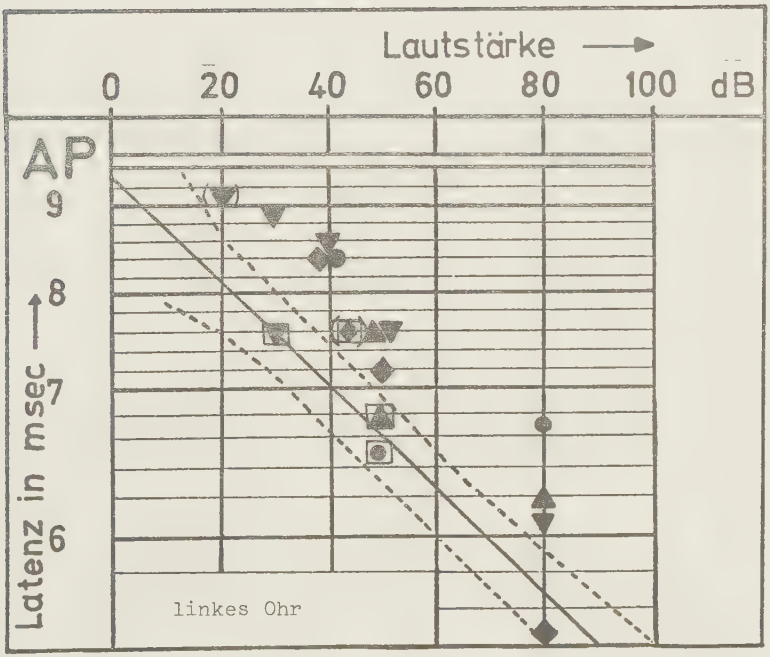


Abbildung 2o: Békésy Audiogramm Fall 3 (D.H., 34 J.)

Abbildung 21. Fall 3 (D.H., 34 J.): Latenzen der mit Klick und 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pips evozierten Hirnstammpotentiale in Abhängigkeit von der Reizlautstärke

OBJEKTIVE AUDIOMETRIE
MESSPROTOKOLL



kHz	2	4	8	Klick
Luft	▼	▲	◆	●
Knochen	▽	△	◇	○

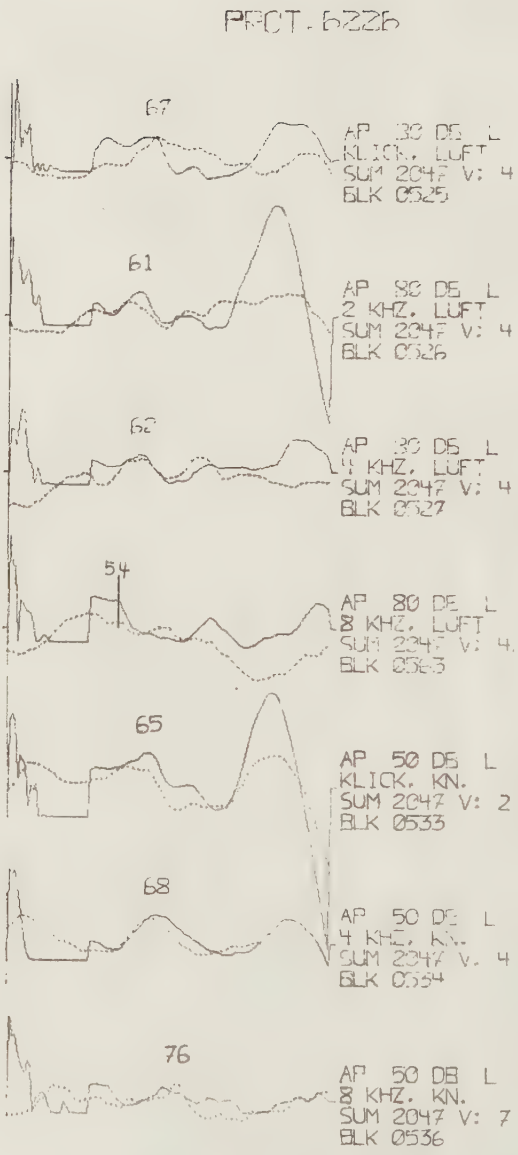


Abbildung 22a: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 3 (D.H., 34 J.)

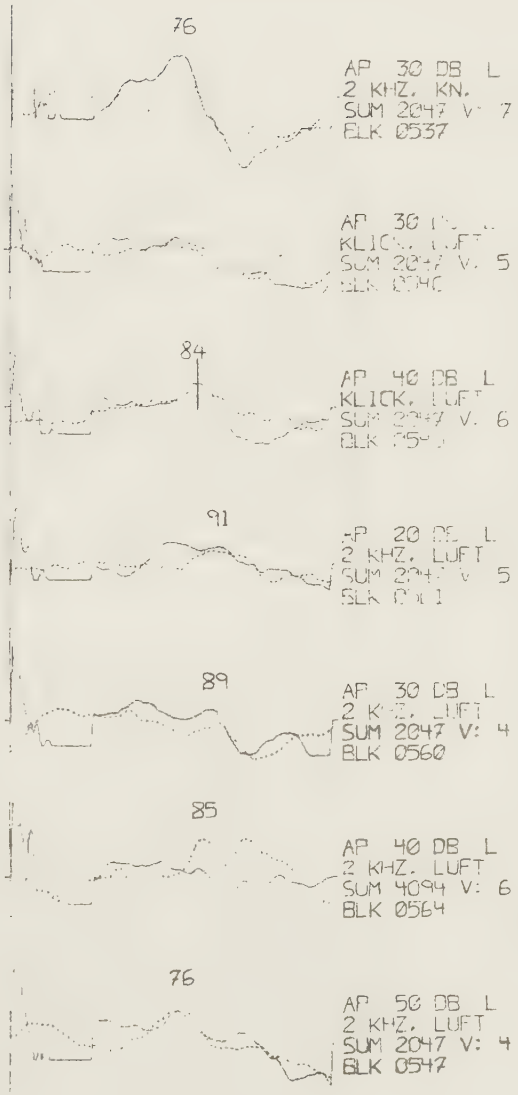


Abbildung 22b: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 3 (D.H., 34 J.)

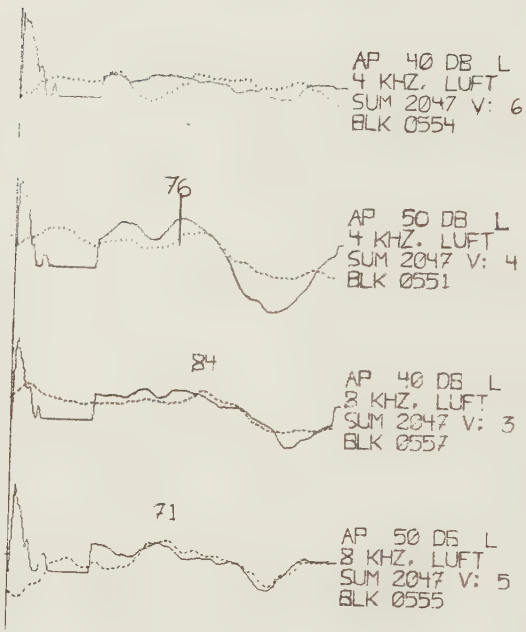
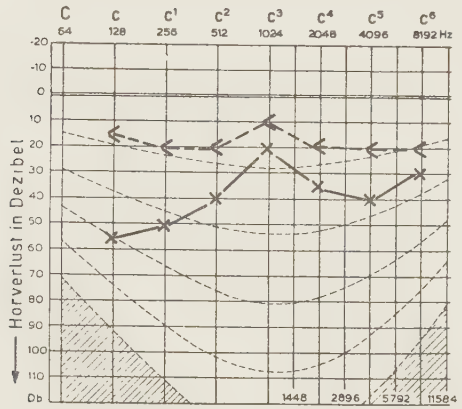
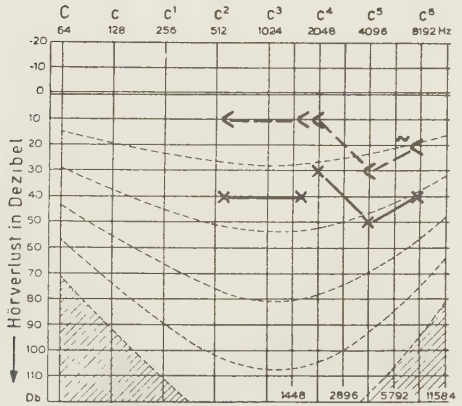


Abbildung 22c: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 3 (D.H., 34 J.)

Abbildung 23. Fall 3 (D.H., 34 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

Fall 4 (L.M., 58J.): kombinierte Schwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: beidseitig: Trommelfellperforation, chronische Otitis media und Otitis externa.

Tonschwellen-Audiogramm (Abb. 24): rechts: kombinierte Schwerhörigkeit mit Gesamthörverlust bis 3o dB; links: kombinierte Schwerhörigkeit mit ca. 15 dB Schalleitungskomponente.

Békésy-Audiogramm (Abb. 25): mäßige begrenzte Separation.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

basocochleärer Hörschaden und kleine Schalleitungsstörung.

E.R.A.-Befund (Abb. 26 und 27a-c):

Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick und 2 kHz bis 3o dB, für 4 kHz bis 4o dB und für 8 kHz bis 8o dB nachweisbar.

Die Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz ergeben im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger keine erhöhten Werte.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2 und 4 kHz in der Norm. Keine Antwort bei 8 kHz.

Aussage der Ergebnisse (Abb. 28):

Der Gesamthörverlust wird objektiv bestätigt. Jedoch ist bei 8 kHz/7o dB keine Antwort mehr festzustellen.
Da die Latenzen der Antworten für Lufterregung innerhalb des Normal-Streubereiches liegen, kann hier die im Tonschwellen-Audiogramm vorhandene geringe Schalleitungskomponente nicht nachgewiesen werden.

Bei 8 kHz Knochenleitung kann keine Antwort abgelesen werden, da bei Luftleitung ohne verlängerte Latenz ein Hörverlust von 8o dB nachgewiesen wird. Die geringe und begrenzte Separation im Békésy-Audiogramm bestätigt die Innenohrkomponente.

Abbildung 24: Tonschwellen-Audiogramm Fall 4 (L.M., 58J.)

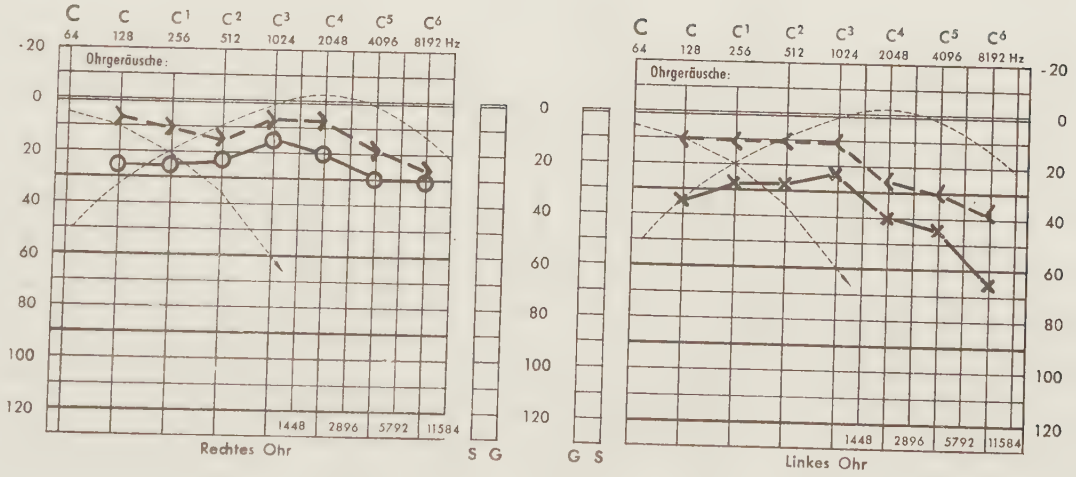


Abbildung 25: Békésy Audiogramm Fall 4 (L.M., 58 J.)

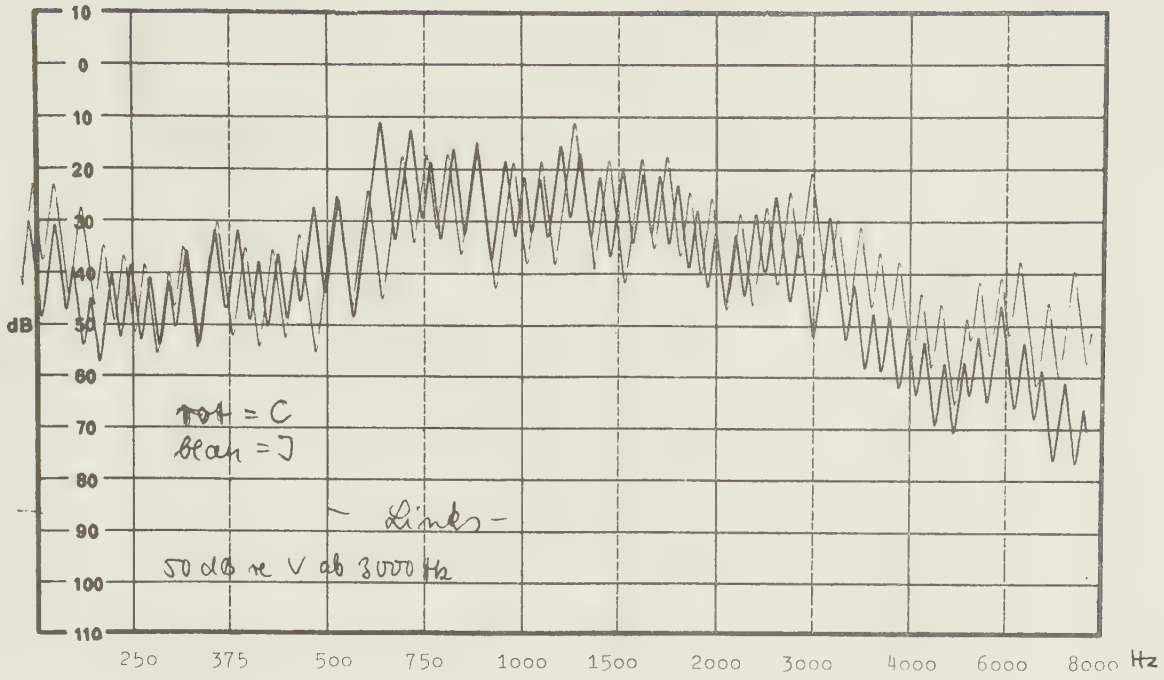
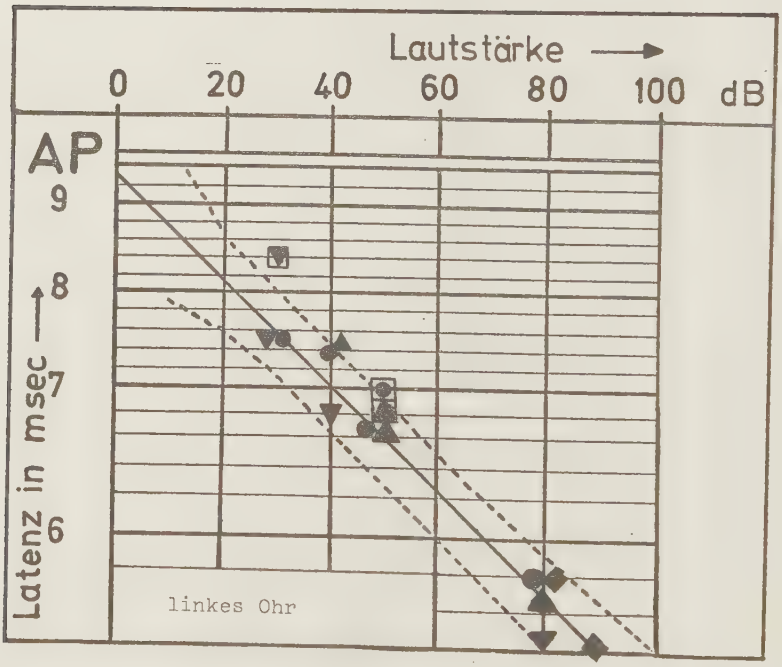


Abbildung 26. Fall 4 (L.M., 58 J.): Latenzen der mit Klick und 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pips evozierten Hirnstammpotentiale in Abhängigkeit von der Reizlautstärke

OBJEKTIVE AUDIOMETRIE
MESSPROTOKOLL



kHz	2	4	8	Klick
Luft	▼	▲	◆	●
Knochen	▽	△	◇	○

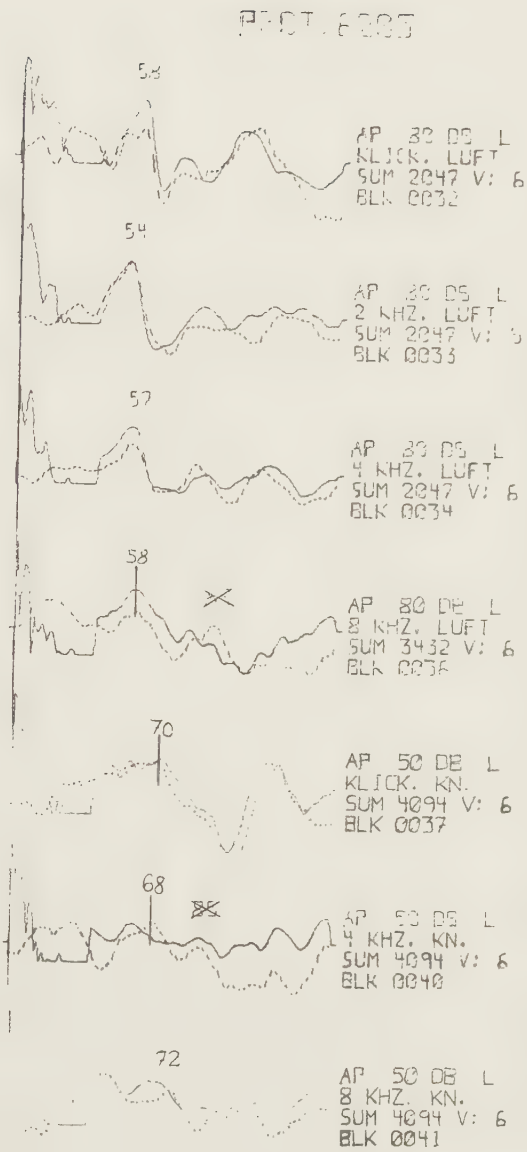


Abbildung 27a: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 4 (L.M., 58 J.)

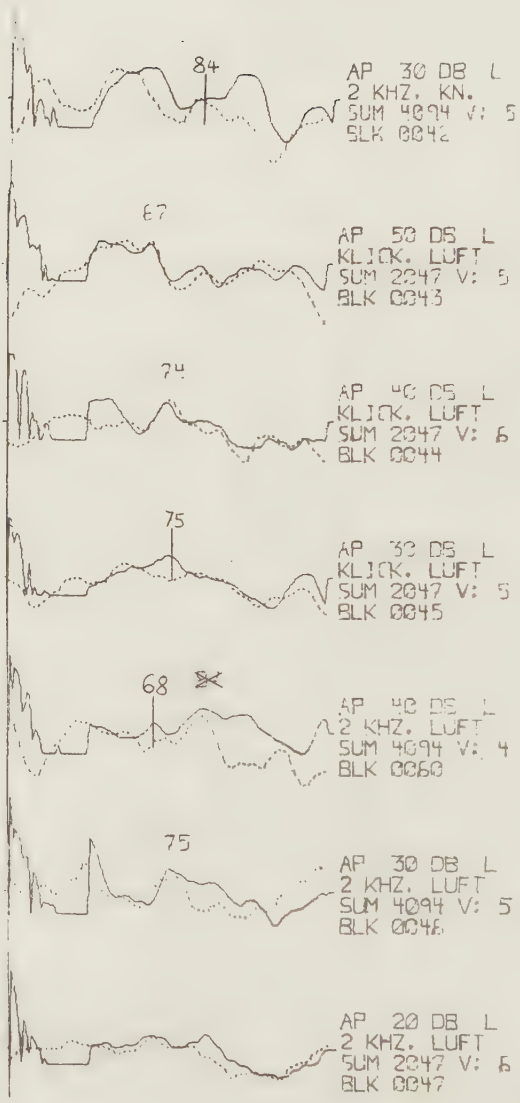


Abbildung 27b: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 4 (L.M., 58 J.)

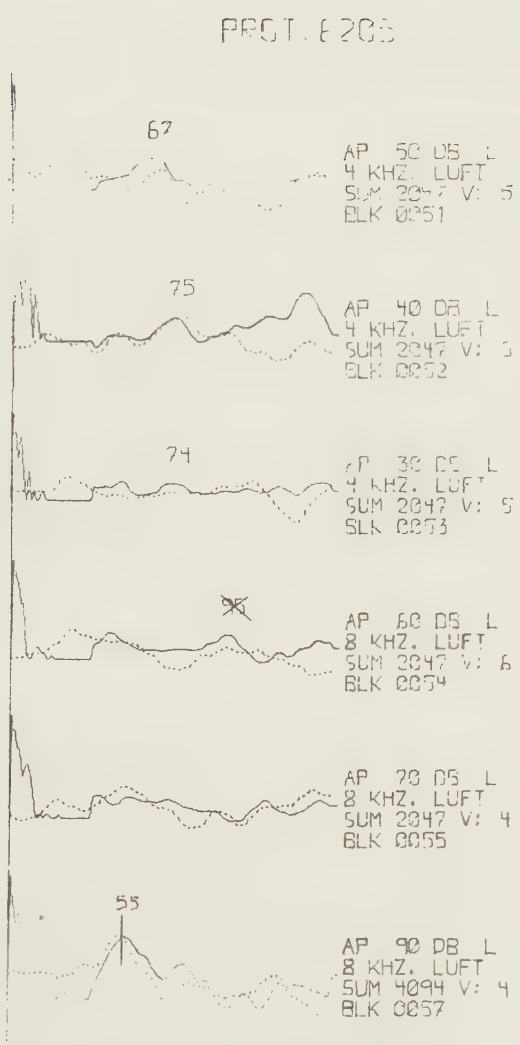
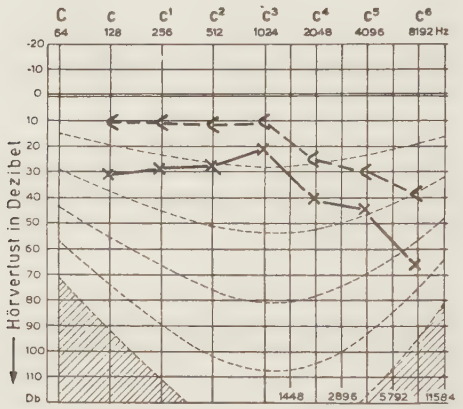
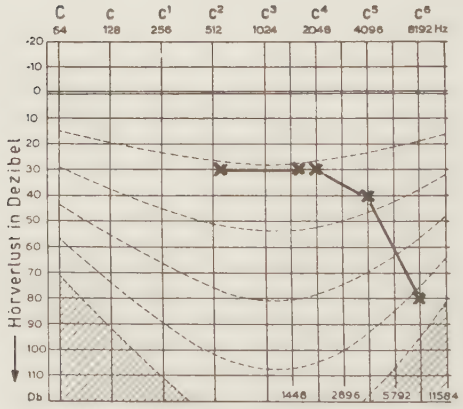


Abbildung 27c: Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale Fall 4 (L.M., 58 J.)

Abbildung 28. Fall 4 (L.M., 58 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

b) Weitere Ergebnisse als Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen

Fall 5 (K.D., 38 J.): Mittelohrschwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: rechts: ohne path. Befund, links: Adhäsivprozeß (in der Kindheit rezidiv. Otits media und Paracentese).

Tonschwellen-Audiogramm: rechts (ohne Abb.): Normalhörigkeit; links (Abb. 29): Mittelohrschwerhörigkeit von 3o bis 4o dB.

Békésy-Audiogramm: ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

reine Mittelohrschwerhörigkeit mit konstantem Gesamthörverlust bei 2, 4 und 8 kHz.

E.R.A.-Befund:

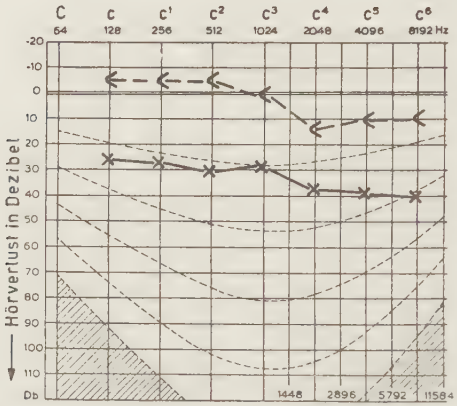
Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick bis 3o dB, für 2, 4 und 8 kHz bis 5o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

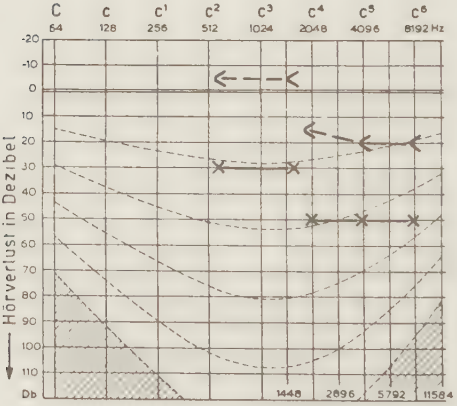
Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und 2 kHz einem Schallleitungshörverlust von 35 dB, für 4 und 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von 3o dB.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2, 4 und 8 kHz im Normbereich.

Abbildung 29. Fall 5 (K.D., 38 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte

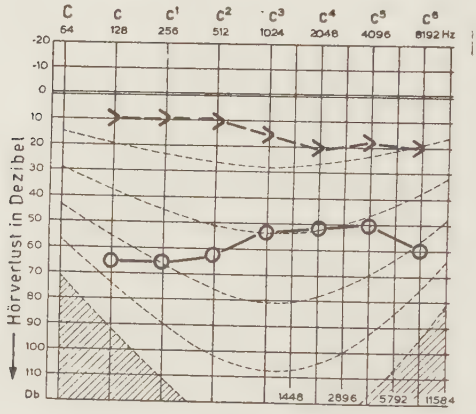


Objektiv ermittelte Werte

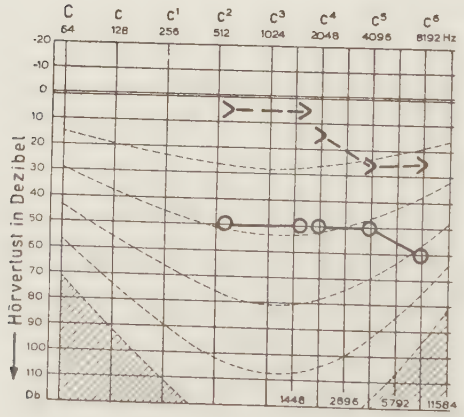
Aussage der Ergebnisse (Abb. 29):
Die Hörschwelle und der Betrag der Schalleitungsstörung können genau bestimmt werden. Es wird dabei festgestellt, daß die Schalleitungskomponente sehr gut der Lautstärkedifferenz von Knochen- und Luftleitungslatenz entspricht.

Fall 6 (K.J., 65 J.): kombinierte Schwerhörigkeit
objektiv untersuchtes Ohr: rechts
Klinische Diagnose: rechts: große randständige Trommelfellperforation mit Cholesteatom; links: ohne path. Befund.
Tonschwellen-Audiogramm: rechts (Abb. 3o): kombinierte Schwerhörigkeit mit großem Schalleitungsstörungsanteil von 3o bis 4o dB; links (ohne Abb.): basocochleäre Innenohrschwerhörigkeit.
Békésy-Audiogramm: ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.
Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:
kombinierte Hörstörung mit annähernd gleichen Hörverlustkomponenten für die Frequenzen 1 bis 8 kHz.
E.R.A.-Befund:
Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick, 2 und 4 kHz bis 5o dB, für 8 kHz bis 6o dB nachweisbar.
Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoebn.

Abbildung 3o. Fall 6 (K.J., 65 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Rechtes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

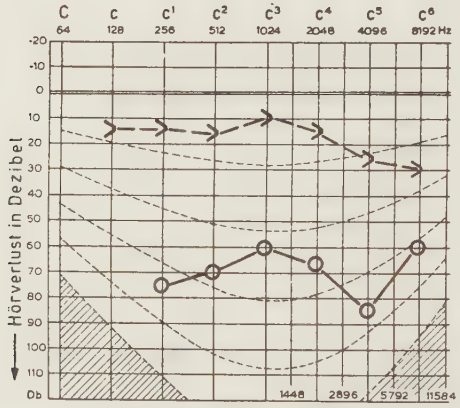
Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick einem Schalleitungshörverlust von 4o dB, für 2 und 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von ca. 35 dB, für 4 kHz einem Schallleitungshörverlust von ca. 25 dB.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2, 4 und 8 kHz im Normbereich.

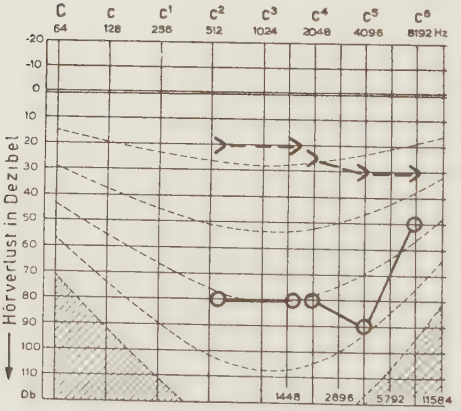
Aussage der Ergebnisse (Abb. 3o):
Die Hörschwelle und der Betrag der Schalleitungsstörung können genau bestimmt werden.

Fall 7 (B.E., 55 J.): kombinierte Schwerhörigkeit
objektiv untersuchtes Ohr: rechts
Klinische Diagnose: rechts: Zustand nach Radikaloperation (Op. 1933), Ohrenlaufen, feuchte Radikalhöhle;
links: Trommelfell matt, intakt, reizlos und gering retrahiert.
Tonschwellen-Audiogramm: rechts (Abb. 31): kombinierte Schwerhörigkeit mit Gesamthörverlust von 6o bis 85 dB und großem Schalleitungsstörungsanteil von 5o dB;
links (ohne Abb.): Mittelohrschwerhörigkeit mit Hörverlust von 3o bis 6o dB.
Békésy-Audiogramm: ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung
Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:
großer Gesamthörverlust mit großem Schalleitungsstörungsanteil.

Abbildung 31. Fall 7 (B.E., 55 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Rechtes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

E.R.A.-Befund:

Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick und 2 kHz bis 8o dB, für 4 kHz bis 9o dB, für 8 kHz bis 5o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und 4 kHz einem Schallleitungshörverlust von 6o dB, für 2 kHz einem Schalleitungshörverlust von 55 dB, für 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von 2o dB.

Knochenschall: der Knochenleitungswert für 4 und 8 kHz liegt im Normbereich. Die Ablesung der Latenz für Klick und 2 kHz ist zu unsicher.

Aussage der Ergebnisse (Abb. 31):

Die Hörschwelle und der Betrag der Schalleitungsstörung werden bestätigt.

Fall 8 (A.A., 39 J.): Mittelohrschwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: rechts

Klinische Diagnose: beiderseits: Otosklerose bei matten, intakten, reizlosen und gering retrahierten Trommelfellen.

Tonschwellen-Audiogramm: rechts (Abb. 32): Mittelohrschwerhörigkeit mit Hörverlust von 4o bis 6o dB,

links (ohne Abb.): Mittelohrschwerhörigkeit mit Hörverlust von 2o bis 4o dB.

Békésy-Audiogramm: ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

Mittelohrschwerhörigkeit bei Otosklerose.

E.R.A.-Befund:

Luftschall: frühe Potentiale sind für Klick, 2 und 4 kHz bis 5o dB, für 8 kHz bis 6o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick und 8 kHz einem Schallleitungshörverlust von 4o dB, für 2 kHz einem Schalleitungshörverlust von 3o dB und für 4 kHz einem Schalleitungshörverlust von 35 dB.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2, 4 und 8 kHz im Normbereich.

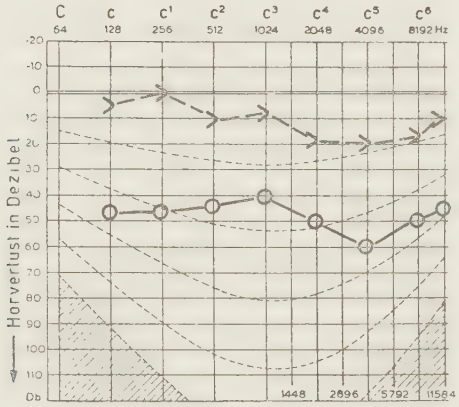
Aussage der Ergebnisse (Abb. 32):

Die Hörschwelle und die Schalleitungskomponente werden bestätigt.

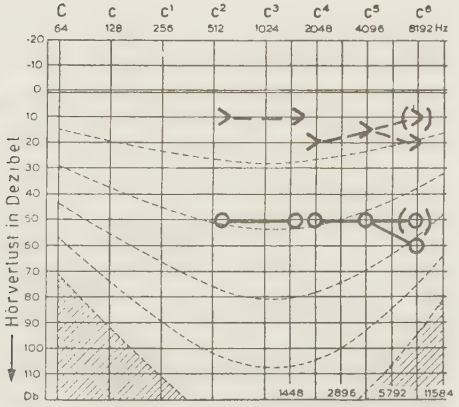
Bei diesem Ergebnis ist von besonderem Interesse, daß objektiv ebenfalls die CARHART-Mulde (Wegfall des osteotympanalen Knochenschalls) als diagnostisches Zeichen der Otosklerose dargestellt werden kann.

Die Antwort bei 8 kHz/5o dB ist etwas unsicher und deshalb auch in Abb. 32 eingeklammert.

Abbildung 32. Fall 8 (A.A., 38 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Rechtes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

Fall 9 (E.C., 58 J.): kombinierte Schwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: rechts: ohne path. Befund;

links: Zustand nach Stapedektomie.

Tonschwellen-Audiogramm: rechts (ohne Abb.): basocochleäre Innenohrschwerhörigkeit; links: (Abb. 33): kombinierte Schwerhörigkeit mit Gesamthörverlust zwischen 4o und 6o dB und ca. 3o dB Schalleitungskomponente.

Békésy-Audiogramm: ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

kontinuierliche Hörverlustvergrößerung ab 1ooo Hz.

E.R.A.-Befund:

Luftleitung: frühe Potentiale sind für Klick und 2 kHz bis 4o dB, für 4 kHz bis 5o dB und für 8 kHz bis 6o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

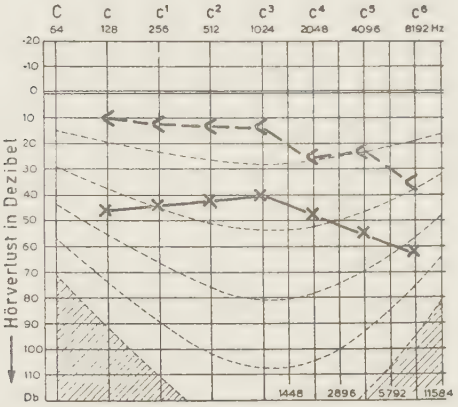
Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick, 4 und 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von 3o dB sowie für 2 kHz einem Schalleitungshörverlust von 2o dB.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2, 4 und 8 kHz im Normbereich.

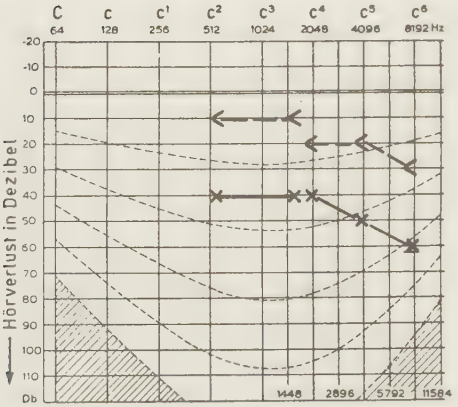
Aussage der Ergebnisse (Abb. 33):

Die Hörschwelle und die Schalleitungskomponente werden objektiv gut ermittelt.

Abbildung 33. Fall 9 (E.C., 58 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

Fall 1o (M.M., 23 J.): kombinierte Schwerhörigkeit

objektiv untersuchtes Ohr: links

Klinische Diagnose: rechts subtotaler Trommelfelldefekt, seit Jahren chron. Otitis media; links: Trommelfell intakt.

Tonschwellen-Audiogramm: rechts (ohne Abb.): Mittelohrschwerhörigkeit mit Hörverlust bis 6o dB; links (Abb. 34): kombinierte Schwerhörigkeit mit Gesamthörverlust zwischen 2o und 6o dB und geringem Schallempfindungsstörungsanteil von 15 dB bei 4 kHz und 25 dB bei 8 kHz.

Békésy-Audiogramm: ohne Hinweis auf Hörnervenschädigung oder zentrale Störung.

Kriterien für die Auswahl dieses Patienten:

unterschiedliche Gesamthörschwelle im Klick-Bereich.

E.R.A.-Befund:

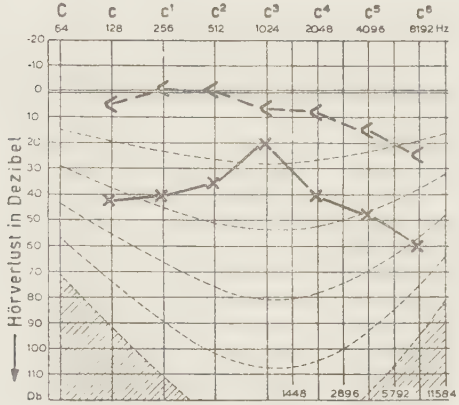
Luftleitung: frühe Potentiale sind für Klick und 4 kHz bis 5o dB, für 2 kHz bis 4o dB sowie für 8 kHz bis 7o dB nachweisbar.

Alle Latenzen für Klick, 2, 4 und 8 kHz Luftleitung sind zu längeren Werten verschoben.

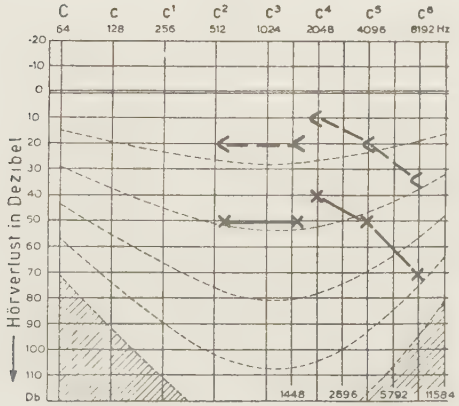
Die Latenzen entsprechen im Vergleich zur Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger für Klick, 2 und 4 kHz einem Schalleitungshörverlust von 3o dB, für 8 kHz einem Schalleitungshörverlust von 35 dB.

Knochenschall: die Knochenleitungswerte liegen für Klick, 2, 4 und 8 kHz im Normbereich.

Abbildung 34. Fall 1o (M.M., 23 J.):
Vergleich der subjektiv und objektiv ermittelten Hörschwellen. Linkes Ohr.



Subjektiv ermittelte Werte



Objektiv ermittelte Werte

Aussage der Ergebnisse (Abb. 34):

Die Hörschwelle und die Schalleitungskomponente werden für 2, 4 und 8 kHz ermittelt.

Die Hörschwelle und die Schalleitungskomponente können im Klick-Bereich erwartungsgemäß nicht genau bestimmt werden, da für das breite Klick-Spektrum eine zu große Hörverlust- und Schalleitungskomponentedifferenz im Klick-Bereich besteht.

3.) Zusammenfassung aller Ergebnisse

Die Untersuchung aller Patienten zeigt:

1. Der 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pip ist geeignet, akustisch evozierte Hirnstammpotentiale hervorzurufen.
   Hierbei wirkt sich das schmale Reizspektrum der Gauß-Pips sehr zugunsten einer frequenzselektiven Untersuchung aus.

2. Die Pegel-Latenz-Kennlinie bei Knochenleitung für Klick sowie 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pips stimmt mit dem Verlauf der Luftleitung-Pegel-Latenz-Kennlinie Normalhöriger und deren Streubereich gut überein.
   Die minimale Differenz in den Latenzen bei 2 kHz/3o dB und 8 kHz/3o und 5o dB kann durch einen Latenzabgleich für Knochenleitung korrigiert werden, da der Kurvenverlauf der Latenz in Abhängigkeit von der Lautstärke für alle Werte übereinstimmt.

3. Bei den untersuchten Hörstörungen im Bereich von 2, 4 und 8 kHz:
   a) Die Hörschwelle für Mittelohr- und kombinierte Schwerhörigkeiten wird genau ermittelt.
      Die Hörschwelle wird durch die Ermittlung eines Schallpegels, bei dem das frühe Summenpotential mit absteigender Lautstärke verschwindet, gefunden.
      Dabei wird der Gesamthörverlust durch die kleinste Laustärke, die noch eine wahrnehmbare Antwort hervorruft, bestimmt.

b) Mittelohrstörungen und deren Ausmaß können bestimmt werden.
Eine Mittelohrschwerhörigkeit verursacht eine zu ihrer Größe proportionale Latenzverschiebung zu längeren Werten. Die Latenzbestimmung ermöglicht durch den Vergleich mit der Pegel-Latenzkurve Normalhöriger eine genaue Angabe der Schalleitungskomponenten. Die Möglichkeit, die Schalleitungskomponente durch die Bestimmung der Reizlautstärkedifferenz von gleichen Knochen- und Luftleitungslatenzen zu ermitteln, bringt aber noch genauere Werte.

c) Der Betrag der Innenohrhörstörung kann bei kombinierten Hörstörungen angegeben werden.
Das Maß der Schallempfindungsstörung ist die Differenz zwischen dem dB-Wert der Gesamthörschwelle minus dem dB-Betrag der Schalleitungskomponente.

4. Die Hörschwellenbestimmung und die Ermittlung der Schalleitungskomponenten im Klick-Bereich sind bei stark frequenzabhängigem Schwellenverlauf nur begrenzt möglich.
Als Folge des breiten Klick-Spektrums sind die Hörschwellen- und Schalleitungskomponentenbestimmung ungenau.

E. Diskussion der Ergebnisse

I. Der Gauß-Pip

Untersuchungen von frequenzabhängigen Hörstörungen werden mit dem 2, 4 und 8 kHz Gauß-Pip ermöglicht. Die klinische Auswertung der objektiven Audiometrie wird durch die Anwendung der Gauß-Pips, die ja im Vergleich zu Klick ein eng begrenztes Spektrum aufweisen, präzisiert. Eine Erweiterung der Gauß-Pip-Reize auf 1, 3 und 6 kHz oder andere Frequenzen zur Untersuchung anderer Frequenzbereiche ist möglich.

II. Die frequenzabhängigen Knochenleitung-Latenzwerte

Bei Untersuchungen von Patienten mit Mittelohrschwerhörigkeit kann erwartungsgemäß keine Latenzverlängerung der Knochenleitungswerte gegenüber denen Normalhöriger festgestellt werden.

Bei Innenohhörstörungen ist in Schwellennähe, genau wie bei den Luftleitungsuntersuchungen, ein schnelles Verschwinden der Potentialamplitude zu verzeichnen; entsprechend ist bei kombinierten Hörstörungen in Nähe der Knochenleitungsschwelle, wie bei reinen Innenohrhörstörungen, mit einem schnellen Verschwinden der Potentialamplituden zu rechnen.

Bei retrocochleären Schädigungen kann eine Latenzverlängerung möglich sein. "In Zusammenarbeit mit der Neurochirurgischen Klinik wurden ... Patienten mit dem Ziel untersucht, den Grad einer Schädigung des Mittel-

hirns an Hand der bei Knochenleitung gefundenen Latenzverschiebungen abzuschätzen" (7).

Bei der objektiven Audiometrie zeigt bei Mittelohrschwerhörigkeit der Befund der L u f t leitungsuntersuchung Latenzverlängerung; eine Knochenleitungsuntersuchung, deren Latenzen in den Bereich der Knochenleitungs-Latenz-Normkurve fallen,sichert den Befund gegen ebenfalls latenzverlängernde retrocochleäre Schäden ab.

Im Falle einer Mittelohrschwerhörigkeit und retrocochleären Schädigung läßt der E.R.A.-Befund neben der Latenzverlängerung bei der Luftleitungsuntersuchung auch eine Latenzverlängerung für die Knochenleitungsuntersuchung erwarten.

Für die erwähnten Untersuchungen in der Neurochirurgie bildet die Normal-Latenz-Kennlinie bei Knochenleitung eine erste Grundlage für weitere Untersuchungen.

III. Die Bestimmung der Hörschwelle und der Schalleitungskomponenten

Die Messungen bei hörgestörten Patienten erweitern und bestätigen, soweit ein Vergleich möglich ist, die von anderen Autoren gefundenen Ergebnisse. GERULL et al. (5) geben an, daß die Hörschwelle mit der Erfassung der Hirnstammpotentiale gefunden werden kann. Dies wird durch die vorliegende Untersuchung mit Gauß-Pips auch für 2, 4 und 8 kHz bestätigt. YOSHIE und OHASHI (2o) sowie ARAN (1) und ebenso die BERLINER Arbeitsgruppe (5) geben

an, daß eine Schalleitungsstörung eine zu ihrer Größe proportionale Latenzverschiebung des Aktionspotentials (AP) zu höheren Werten verursacht. Diese Feststellung trifft auch für die 2, 4 und 8 kHz-Frequenzen in dieser Untersuchungsreihe zu.

Eine genaue Angabe der Schalleitungskomponenten bei Mittelohrschwerhörigen ist bei der BERLINER Arbeitsgruppe (5, 13) durch den Vergleich mit der Latenzkurve Normalhöriger und mit der Bestimmung der Lautstärkedifferenz von gleichen Knochen- und Luftleitungslatenzen möglich. Bei den 2, 4 und 8 kHz-Frequenzen kann die Schalleitungskomponente bei Mittelohrschwerhörigkeit ebenfalls durch den Vergleich mit der Latenzkurve Normalhöriger, aber noch genauer durch die Bestimmung der Lautstärkedifferenz von gleichen Knochen- und Luftleitungslatenzen ermittelt werden. Gleichzeitig wird dieser Befund durch eine Knochenleitungsuntersuchung abgesichert.

Bei Haarzellenschäden werden von ARAN (1) und der BERLINER Arbeitsgruppe (5) keine Latenzverschiebungen gefunden. In Tierexperimenten bei Haarzellenzerstörungen durch Kanamyzin stellten auch WANG und DALLOS (15) keine Veränderung der Schallpegel-Latenzlinie, jedoch eine Amplitudenverminderung fest. Lediglich YOSHIE und OHASHI (2o) ermittelten bei Innenohrstörungen neben der Gesamtreduktion der Amplitude eine verlängerte Latenz. Bei den hier untersuchten Fällen wird keine Latenzverlängerung für Hörschäden mit cochleären Defekten gefunden.

Darüber hinaus wird mit der eigenen Untersuchung nachgewiesen, daß bei kombinierten Hörstörungen die Komponenten der Schalleitungsstörung und der Schallempfindungsstörung anteilig bestimmt werden können (siehe S. 91).

Durch diese Untersuchung ist der 'Objektiven Audiometrie' mit der Erfassung von Hirnstammpotentialen in Zukunft die Diagnostik von Mittelohr- und kombinierten Hörstörungen erlaubt. Dies ist von Bedeutung, da die objektive Audiometrie mit Hirnstammpotentialen bei Kleinkindern und Bewußtlosen aber auch bei der intra- und postoperativen Kontrolle von gehörverbesserenden Operationen anwendbar ist.

F. Zusammenfassung

a) Die in dieser Arbeit vorliegenden Ergebnisse der akustisch evozierten Potentiale wurden durch die Erfassung von Hirnstammpotentialen ermittelt.

b) Die verwendeten Reize sind: Klick, 2, 4 und 8 kHz-Gauß-Pips. Für die Gauß-Pips ergab sich als günstigste Halbwertsbreite 3 msec.

c) Die Pegel-Latenz-Normalkennlinie mit Standardabweichung wurde für Klick und Gauß-Pip-Reize bei Knochenerregung ermittelt. Eine Knochenleitungsuntersuchung mit normalen Latenzen erlaubt die Abgrenzung von retrocochleären Schäden.

d) Die Hörschwellen der Mittelohr- und kombinerten Hörstörungen können in Abhängigkeit von der Frequenz durch die Ermittlung des Schallpegels, bei dem das Hirnstammpotential bei schrittweiser Verminderung des Reizpegels verschwindet, genau bestimmt werden.

e) Der frequenzabhängige Betrag von Mittelohrhörstörungen kann durch Vergleich mit der Pegel-Latenzkurve Normalhöriger oder durch die Bestimmung der Lautstärkedifferenz gleicher Knochen- und Luftleitungslatenzen ermittelt werden.

f) Die objektiv ermittelten Werte bestätigen die subjektiv gefundenen Hörverlustwerte.

g) Die objektive Audiometrie hat eine Erweiterung in der Diagnostik von Hörstörungen erfahren.

G. Literatur

1. Aran, J.-M.: The Electro-Cochleogram. Arch. kli. exp. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 198, 128 (1971).
2. Davis, H., Yoshie, N.: Human Evoked Cortical Responses to Auditory Stimuli. Physiologist 6, 164 (1963).
3. Ganglberger, J.A., Gestring, G.F., Groll-Knapp, E., Haider, M.: Auditory Evoked Potentials from Cortex and Various Subcortical Centers. Arch. klin. exp. Ohr.-, Nas.- und Kehlk.-Heilk. 198, 41 (1971).
4. Gerull, G., Giesen, M., Mrowinski, D., Rudolph, N.: Untersuchung eines frühen, von der Kopfhaut ableitbaren Potentials für die objektive Audiometrie. H.N.O. 2o, 339 (1972).
5. Gerull, G., Giesen, M., Mrowinski, D., Rudolph, N.: Diagnostik von Hörstörungen durch ERA mit sehr frühen Potentialen. H.N.O. 22, 22o (1974).
6. Gerull, G., Giesen, M., Mrowinski, D., Rudolph, N.: Properties of an Early AER of 5-1o ms Latency. Rev. Laryng. 95, 56o (1974).
7. Gerull, G., Giesen, M., Mrowinski, D., Rudolph, N.: Klinischer Einsatz verschiedener ERA-Verfahren zur Untersuchung von Funktionsstörungen der Hörbahn. Laryng. Rhinol. 54, 671 (1975).
8. Gerull, G.: Dissertation, Technische Universität Berlin, in Vorbereitung.

9. Irvine, D.R.F., Webster, W.R., Sack, K.H.: Effects of Repetitive Stimulation and State of Arousal on Cochlear Potentials. Exp. Neurol. 29, 16 (1970).

10. Jewett, D.L., Williston, J.S.: Auditory Evoked Far Fields Averaged from the Scalp of Humans. Brain, 94, 681 (1971).

11. Keidel, W.D., Spreng, M.: Elektronisch gemittelte langsame Rindenpotentiale des Menschen bei akustischer Reizung. Acta oto-laryng. 56, 318 (1963).

12. Lev, A., Sohmer, H.: Sources of Averaged Neural Responses Recorded in Animal and Human Subjects During Cochlear Audiometry (Elektro-Cochleogram). Arch. kli. exp. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 201, 79 (1972).

13. Rudolph, N., Mrowinski, D., Giesen, M., Gerull, G.: Clinical Experience with an Early AER of 5-10 ms Latency. Rev. Laryng. 95, 566 (1974).

14. Sohmer, H., Feinmesser, M., Bauberger-Tell, L., Lev, A., David, S.: Routine Use of Cochlear Audiometry in Infants with uncertain Diagnosis. Ann. otol. 81, 72 (1972).

15. Wang, C.-Y., Dallos, P.: Latency of Whole-Nerve Action Potentials: Influence of Hair-Cell Normalcy. J. acoust. soc. Amer. 52, 1678 (1972).

16. Willer, Chr.: Dissertation, Freie Universität Berlin, in Vorbereitung.

17. Wolf, K.: Dissertation, Freie Universität Berlin, in Vorbereitung.

18. Yoshie, N.: Auditory Nerve Action Potential Responses to Clicks in Man. Laryngoscope (St. Louis) 78, 198 (1968).

19. Yoshie, N., Yamaura, K.: Cochlear Micophonic Responses to Pure Tones in Man Recorded by a Non-Surgical Method. Acta oto-laryng. (Stckh.) Suppl. 252, 37 (1969).

2o. Yoshie, N., Ohashi, T.: Clinical Use of Cochlear Nerve Action Potential Responses in Man for Differential Diagnosis of Hearing Losses. Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 252, 71 (1969).

L e b e n s l a u f

Name:	Engeln, Walter
Geburtstag:	27. April 1947
Geburtsort:	Anrath, jetzt: Willich
Familienstand:	verheiratet
Vater:	Engeln, Josef
Mutter:	Engeln, Ernestine geb. Riedel
Schulbesuch:	Volksschule in Willich-Anrath von 1953 bis 196o; Volksschule in Speyer von 196o bis 1961; Aufbaugymnasium der Bischof-Neumann-Schule des Albertus-Magnus-Kollegs in Königstein von 1961 bis 1968; Abitur an der Bischof-Neumann-Schule 1968
Ausbildung:	Studium der Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin; Staatsexamen: Wintersemester 1973/74 Approbation: 15. März 1974
Berufstätigkeit:	Assistenzzahnarzt in Berlin von April 1974 bis Dezember 1975; Assistent an der Universitätszahnklinik in Giessen seit Januar 1976
Wiss. Tätigkeit:	1974-1976 Doktorand an der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Freien Universität Berlin - Klinikum Westend -

difo-druck · 8600 bamberg
untere königstraße 30